

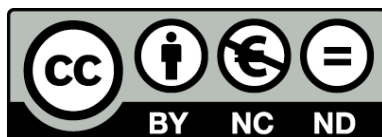


UNIVERSITAT_{DE}
BARCELONA

El discurso multimodal del profesor de Física electromagnética en la formación de estudiantes de ingeniería

Universidad de Carabobo - Venezuela

Naykiavick Del Carmen Rangel de Torres



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0. Spain License.**

TESIS DOCTORAL

**El discurso multimodal del profesor de Física
electromagnética en la formación de estudiantes de
ingeniería. Universidad de Carabobo – Venezuela**

Naykiavick Del Carmen Rangel De Torres



**UNIVERSITAT DE
BARCELONA**

2020



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Facultat d'Educació

2020

**EL DISCURSO MULTIMODAL DEL PROFESOR DE
FÍSICA ELECTROMAGNÉTICA EN LA
FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA.
UNIVERSIDAD DE CARABOBO – VENEZUELA**

Programa de doctorado en: Didàctica de les Ciències, les
Llengües, les Arts i les Humanitats

Línea de investigación: Didàctica de les Matemàtiques i de les
Ciències Experimentals

Doctoranda: **Naykiavick Rangel De Torres**

Directores: Dra. Marina Castells Llavanera
Dr. Joaquín Giménez Rodríguez

Tutor: Dr. Joaquín Giménez Rodríguez

Dedicatoria

A mi hermana Nancibella y mi cuñado Manuel
que me acogieron este año en España con toda la
problemática actual.

A mi amor José a quien le tocó cuidar a nuestra
familia en Venezuela y por tanta paciencia.

A mis hermanos Nanyris, Levis, Nalenay, Lolita,
a mi madre Nancy Cuicas por ser y estar siempre.

A mis hijos Gabriel, José Enrique y Alexa por
motivarme a continuar en esta aventura.

A mi padre Cándido Rangel, en el cielo.

A mis muchachos estudiantes de ingeniería,
muchos ya ingenieros egresados, de la
universidad de Carabobo en Venezuela, mi motor
en esta investigación.

Agradecimientos

Son varias las personas que me acompañaron en este reto, por eso quiero manifestarle mis agradecimientos

A mi directora Marina Castells, quiero expresarle mi agradecimiento por su apoyo constante durante estos años, en especial este último. Sus valiosos aportes académicos, su amistad y todas las discusiones que tuvimos construyeron este camino.

Al profesor Vicenç Font, coordinador del programa del doctorado, por su apoyo académico y servir de guía en los procedimientos administrativos.

Al profesor Joan Perera, coordinador de Departament de Educació Lingüística i Literària, i Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica, por facilitarme un espacio en la universidad, donde poder trabajar en estos tiempos de pandemia.

Al profesor Joaquín Giménez por su asesoría académica.

Al profesor Josep Castelló por su asesoría académica.

A mi amiga, compañera de trabajo y de investigación, la profesora Thamara Fagúndez por su amistad e invaluable apoyo académico.

A los profesores del Departamento de Física, de la Facultad de ingeniería-Universidad de Carabobo – Venezuela Especialmente a los profesores Diana Nesbit, Lilian Miliani y Reimer Romero por su excelencia académica y por permitirme entrar a sus aulas,

A la Universidad de Carabobo, por darme la oportunidad, cuando aún era posible en Venezuela, de iniciar estudios de postgrado en España, en la Universitat de Barcelona, otorgándome una estadía para formación de cuatro años en España, permitiendo también la asistencia al summerschool 2004 en Alemania y presentación de artículos en congresos internacionales en el área de enseñanza de la física, lo que resulta en dos diplomas de estudios avanzados y sienta las bases de esta investigación doctoral.

Índice de Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 INTRODUCCIÓN.....	5
1.2 EL CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.2.1 <i>La enseñanza de la física en la formación del estudiante de ingeniería.....</i>	<i>7</i>
1.2.2 <i>El profesor de ingeniería.....</i>	<i>9</i>
1.2.3 <i>Organización de la carrera de ingeniería en Venezuela</i>	<i>10</i>
1.2.4 <i>La comprensión de la práctica docente</i>	<i>11</i>
1.2.5 <i>La enseñanza de la física en ingeniería.....</i>	<i>14</i>
1.3 PERSPECTIVAS TEÓRICAS QUE ORIENTAN LA INVESTIGACIÓN	16
1.3.1 <i>La construcción de la historia científica en el enfoque social-didáctico-comunicativo.....</i>	<i>16</i>
1.3.2 <i>Las explicaciones científicas desde la perspectiva retórico- argumentativa</i>	<i>18</i>
1.3.3 <i>La Multimodalidad en el discurso explicativo en clases de Ciencias.....</i>	<i>18</i>
1.3.4 <i>La representación dinámica de la historia explicativa construida.....</i>	<i>19</i>
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.5.1 <i>Objetivo General.....</i>	<i>24</i>
1.5.2 <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>24</i>
1.6 LA RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	29
2. MARCO TEÓRICO	33
2.1 ANTECEDENTES.....	33
2.1.1 <i>La formación a través de la reflexión sobre la praxis.</i>	<i>33</i>
2.1.2 <i>La retórica en la argumentación científica en el aula de ciencias.</i>	<i>34</i>
2.1.3 <i>Los modos comunicativos en la clase de física: verbo, imagen gesto y acción.....</i>	<i>36</i>
2.2 LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS HACIA LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO	38
2.3 EL ANÁLISIS DEL DISCURSO A TRAVÉS DE PERELMAN	41
2.3.1 <i>El Tratado de la Argumentación de Perelman y Olbrechts-Tyteca</i>	<i>44</i>
2.3.2 <i>Las premisas de la argumentación</i>	<i>45</i>
2.3.3 <i>El auditorio</i>	<i>45</i>
2.3.4 <i>Acuerdos generales del auditorio.</i>	<i>47</i>
2.3.5 <i>La Presencia.....</i>	<i>48</i>
2.3.6 <i>Las técnicas argumentativas</i>	<i>50</i>
2.3.6.1 <i>Argumento por deducción matemática</i>	<i>50</i>
2.3.6.2 <i>Argumento por demostración con objetos</i>	<i>53</i>
2.4 EL DISCURSO DOCENTE	53
2.4.1 <i>El discurso del aula y la función docente</i>	<i>54</i>
2.4.2 <i>La comunicación multimodal en las ciencias experimentales.....</i>	<i>55</i>
2.4.3 <i>La enseñanza como la representación de una historia (teatral).....</i>	<i>59</i>
2.4.4 <i>La formulación de la pregunta.....</i>	<i>60</i>
2.4.5 <i>El argumento visual</i>	<i>62</i>
2.4.6 <i>El uso de la pizarra.....</i>	<i>62</i>
2.4.6.1 <i>La escritura en la pizarra:</i>	<i>63</i>
2.4.6.2 <i>El dibujo en la pizarra</i>	<i>63</i>

2.4.7	<i>Los Gestos</i>	65
2.4.7.1	Los gestos, una primera clasificación.	65
2.4.7.2	Los gestos según su función.	67
2.4.7.3	Los gestos en la clase de Física.	68
2.4.7.4	Los gestos en la clase de matemáticas.	68
2.4.8	<i>La representación más allá de la pizarra.</i>	70
2.5	EL ANÁLISIS DE LAS CLASES DE CIENCIAS VISIÓN DIDÁCTICA	71
2.5.1	<i>La visión Ogborn del análisis de las explicaciones de ciencias</i>	72
2.5.1.1	Las explicaciones científicas como sinónimo de “historias”.	73
2.5.1.2	La creación de diferencias	74
2.5.1.3	La elaboración de las entidades en la explicación.	75
2.5.1.4	La dinámica de la explicación.	76
2.5.1.5	Una investigación aplicada a la enseñanza de la física universitaria	77
2.5.2	<i>La visión de Kress en “Multimodal teaching”</i>	78
2.5.2.1	La visión retórica multimodal en el aula.....	78
2.5.2.2	La construcción de significados y los modos	80
2.5.2.3	La acción en el aula y su clasificación	80
2.5.2.4	Los objetos que median la acción en el aula	82
2.5.3	<i>La visión de Mortimer y Scott</i>	83
2.5.3.1	El Propósito de la enseñanza.....	84
2.5.3.2	El Contenido de las interacciones en el aula.	85
2.5.3.3	Los Enfoques Comunicativos.....	85
2.5.3.4	Patrones del Discurso.....	86
2.5.3.5	Intervención del Profesor.....	86
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	87
3.1	ENFOQUE METODOLÓGICO.	87
3.2	EL ESTUDIO DE CASO COMO ESTRATEGIA EN LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA.	91
3.3	CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	92
3.3.1	<i>Participantes en la Investigación.</i>	93
3.3.2	<i>Acceso al escenario y papel del investigador.</i>	95
3.3.3	<i>La selección del tema de Física.</i>	96
3.3.4	<i>Las escalas de tiempo en la descripción de las explicaciones</i>	97
3.4	ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN	99
3.5	LA RECOLECCIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS DATOS.	104
3.5.1	<i>Preparación de los datos a nivel macro.</i>	105
3.5.2	<i>Preparación de los datos en forma de episodios. Nivel meso-micro.</i>	107
3.5.3	<i>La codificación de los segmentos del discurso.</i>	107
3.5.4	<i>La transcripción multimodal.</i>	108
3.5.5	<i>La transcripción multimodal inicial.</i>	110
3.5.6	<i>Transcripción didáctico-multimodal.</i>	112
3.5.7	<i>La transcripción como proceso de Análisis.</i>	113
3.6	EL PROCESO DE CATEGORIZACIÓN	114
3.7	EL ANÁLISIS REALIZADO	117
3.7.1	<i>Etapa 3. Análisis de las secuencias explicativa</i>	117
3.7.1.1	Instrumento de análisis para la secuencia de las explicaciones	118
3.7.1.2	Los resultados del análisis macro.	120
3.7.2	<i>Etapa 4. La mirada a la historia construida.</i>	120
3.7.3	<i>Etapa 5. Tres miradas en tres historias con escenarios comunes.</i>	122

3.7.3.1	Instrumento de análisis en la construcción de la historia científica.....	122
3.7.3.2	Resultados del análisis de las explicaciones.....	125
3.8	ETAPA 6. RESULTADOS GLOBALES DE LA INVESTIGACIÓN	127
3.9	ETAPA 7. LAS CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	127
3.10	CRITERIOS DE RIGOR CIENTÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	128
3.10.1	<i>Credibilidad</i>	128
3.10.2	<i>La Transferibilidad</i>	129
3.10.3	<i>La Dependencia</i>	130
3.10.4	<i>La Confirmabilidad</i>	131
4.	CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	133
4.1	INTRODUCCIÓN.....	133
4.1.1	<i>Las líneas de la investigación</i>	134
4.1.2	<i>Las dimensiones del análisis</i>	135
4.1.3	<i>Los capítulos de análisis</i>	136
4.2	DIMENSIÓN 1. ASPECTOS DIDÁCTICOS.....	138
4.2.1	<i>Dimensión 1a. La construcción de la unidad didáctica</i>	138
4.2.1.1	Categoría: La construcción de los saberes.....	140
4.2.1.2	Categoría: La estructura didáctica de la unidad de enseñanza	143
4.2.2	<i>Dimensión 1b. Las formas de intervención didáctica del profesor en el aula</i>	144
4.2.2.1	La retórica de la enseñanza en el aula.	146
4.2.2.2	Destaca, ordena y refuerza significados construidos o que se están construyendo.	148
4.2.2.3	Elabora Entidades.....	149
4.2.2.4	Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión	150
4.3	DIMENSIÓN 2. LA VISIÓN RETÓRICA ARGUMENTATIVA DE LA EXPLICACIÓN	152
4.3.1	<i>Categoría: Las tesis y premisas en el discurso</i>	155
4.3.1.1	Identificación de las tesis.	155
4.3.1.2	Tipos de premisas.....	155
4.3.1.3	La forma de presentar el discurso	156
4.3.2	<i>Categoría: Los argumentos</i>	157
4.3.2.1	Argumentos Cuasi lógicos	158
4.3.2.2	Argumentos basados en la estructura de lo real.....	160
4.3.2.3	Enlaces que fundamentan la estructura de lo real.....	162
4.3.2.4	Argumento por disociación	166
4.3.3	<i>Categoría: La interacción de los argumentos</i>	166
4.4	DIMENSIÓN 3. LA MULTIMODALIDAD EN LA ACCIÓN DEL PROFESOR.....	167
4.4.1	<i>Categoría: la puesta en escena</i>	167
4.4.2	<i>Categoría: Los modos comunicativos en la historia explicativa</i>	169
4.4.2.1	La disposición corporal.....	170
4.4.2.2	Modo verbal.....	171
4.4.2.3	Modo Gestual.....	173
4.4.2.4	Modo escritura.....	175
4.4.2.5	Modo Dibujo	178
4.4.2.6	Modo Representación	180
4.4.3	<i>Interacción de los modos comunicativos</i>	182
4.5	DIMENSIÓN T. LA REPRESENTACIÓN DE LA HISTORIA.	183
4.5.1	<i>Categoría: Gráfica de tensiones en la trayectoria narrativa</i>	185

4.5.2	<i>Categoría: Esquema de barras modales o de modos comunicativos.....</i>	187
4.5.3	<i>A modo de cierre, la representación de la historia explicativa.....</i>	187
5.	ANÁLISIS DE LAS SECUENCIAS EXPLICATIVAS. LA RELACIÓN DIDÁCTICA: CONTENIDO – TIEMPO – HISTORIAS.....	189
5.1	INTRODUCCIÓN.....	189
5.1.1	<i>La mirada a la historia explicativa.....</i>	189
5.1.2	<i>Las categorías de análisis para las secuencias didácticas.</i>	190
5.1.3	<i>La presentación del análisis.</i>	193
5.2	LA SECUENCIA DE LAS EXPLICACIONES.	193
5.2.1	<i>La explicación de Laura.....</i>	194
5.2.2	<i>La explicación de Montse.....</i>	196
5.2.3	<i>La explicación de Pere.....</i>	198
5.3	LA SEGMENTACIÓN TEMÁTICA DE LA EXPLICACIÓN DE LOS PROFESORES.	200
5.3.1	<i>Las pautas del programa curricular.....</i>	201
5.3.2	<i>Orden temático curricular en la explicación de cada profesor.....</i>	203
5.3.3	<i>Resultados del orden temático comparado.....</i>	205
5.4	LA DISTRIBUCIÓN EN EL TIEMPO DE LA EXPLICACIÓN DE LOS PROFESORES	208
5.5	LAS UNIDADES DIDÁCTICAS: TEMAS Y ESTRUCTURA	211
5.5.1	<i>Criterios y temas de las unidades didácticas</i>	211
5.5.2	<i>Estructura de las unidades didácticas.....</i>	213
5.5.3	<i>Selección de las historias explicativas.....</i>	214
5.5.4	<i>La primera historia: la carga eléctrica</i>	216
5.5.5	<i>La segunda historia: líneas de campo eléctrico.</i>	217
5.5.6	<i>Tres historias sobre: flujo eléctrico y ley de Gauss.....</i>	219
5.6	LAS UNIDADES DIDÁCTICAS Y LAS DIMENSIONES DE ANÁLISIS A APLICAR.	221
6.	LA MIRADA ARGUMENTATIVA. LA CARGA ELÉCTRICA . ANÁLISIS Y RESULTADOS	225
6.1	INTRODUCCIÓN.....	226
6.1.1	<i>Las categorías de análisis para “la carga eléctrica”.</i>	226
6.1.2	<i>La presentación del análisis para “la carga eléctrica”.....</i>	230
6.2	LA ILUSTRACIÓN EN LA EXPLICACIÓN: LA CARGA ELÉCTRICA.	231
6.2.1	<i>Introducción a la carga eléctrica</i>	232
6.2.2	<i>Argumento por ilustración: la ropa en la secadora.</i>	235
6.2.3	<i>¡Un corrientazo!: La mímica y la onomatopeya.</i>	240
6.2.4	<i>El coche se carga al correr – refuerza los fenómenos de electrificación son cotidianos.....</i>	243
6.2.5	<i>El cuerpo humano es un buen conductor y se carga.....</i>	247
6.3	ARGUMENTO CUASI LÓGICO POR IDENTIFICACIÓN: PROPIEDADES DE LA CARGA ELÉCTRICA.....	250
6.4	LA SÍNTESIS ESQUEMÁTICA DE LA EXPLICACIÓN DE APERTURA DE MONTSE.	254
6.5	LA DEMOSTRACIÓN DEL FENÓMENO DE LA CARGA ELÉCTRICA EN MATERIALES.	260
6.5.1	<i>La representación del imaginario para preparar a la audiencia.....</i>	263
6.5.2	<i>La demostración experimental</i>	264
6.5.3	<i>Las cargas eléctricas de igual signo se repelen.....</i>	266
6.5.4	<i>Conductores y Aislantes.....</i>	268
6.5.5	<i>La conservación de la carga.....</i>	269
6.5.6	<i>La interacción de los argumentos en las características de la carga eléctrica.</i>	274
6.6	LA DIVISIÓN DEL TODO Y LAS PARTES. RECAPITULANDO LA CLASE ANTERIOR.	278

6.6.1	<i>La apertura de la clase y el orden en la pizarra</i>	278
6.6.2	<i>Argumento por autoridad polifónica</i>	281
6.6.3	<i>La teoría de bandas</i>	283
6.6.4	<i>La ley de Coulomb</i>	283
6.6.5	<i>El campo eléctrico surge de lo mismo que el campo gravitacional</i>	285
6.6.6	<i>La interacción de los argumentos en la explicación de Pere</i>	287
6.7	EL EJEMPLO: LAS LÍNEAS DE CAMPO Y LAS CARGAS PUNTUALES.	290
6.7.1	<i>Argumento por autoridad: la imagen del libro texto</i>	292
6.7.2	<i>Ejemplo 1: dos cargas aisladas. La representación de +2Q</i>	296
6.7.3	<i>Ejemplo 1: La representación de -Q</i>	298
6.7.4	<i>Cierre del ejemplo 1: Comparando las representaciones de cargas aisladas</i>	300
6.7.5	<i>Ejemplo 2: Dos cargas: positiva: +2Q, y negativa: -Q</i>	301
6.7.6	<i>Ejemplo 3: Dos cargas positivas e idénticas</i>	303
6.7.7	<i>La interacción de los argumentos en la explicación de Laura</i>	304
6.8	LA MULTIMODALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN ARGUMENTATIVA DE LA HISTORIA CIENTÍFICA: LA CARGA ELÉCTRICA. 308	
6.8.1	<i>El argumento de ilustración y la multimodalidad</i>	310
6.8.2	<i>Las características de la carga eléctrica</i>	312
6.8.3	<i>La Demostración como argumento</i>	313
6.8.3.1	La Demostración como argumento.	313
6.8.3.2	El argumento causal basado en la demostración que da soporte a la definición	314
6.8.4	<i>PERE, y el argumento de división del todo en las partes</i>	316
6.8.5	<i>Macro argumento visual del Ejemplo</i>	317
6.9	RESULTADOS EN LA HISTORIA CIENTÍFICA: LA CARGA ELÉCTRICA.	320
7.	LA MIRADA DIDÁCTICA Y TRAYECTORIA DE TENSIONES. LAS LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO. ANÁLISIS Y RESULTADOS	327
7.1	INTRODUCCIÓN	327
7.1.1	<i>Las líneas de campo eléctrico en el programa curricular de Física</i>	328
7.1.2	<i>Las categorías de análisis para "líneas de campo eléctrico"</i>	330
7.1.3	<i>La presentación de la historia: "las líneas de campo eléctrico"</i>	335
7.2	LAURA: LA ELABORACIÓN DE LA ENTIDAD LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO	337
7.2.1	<i>Las propiedades de las líneas de campo eléctrico</i>	338
7.2.2	<i>Creando el escenario para la representación del imaginario</i>	340
7.2.3	<i>Representación con objeto sobre escenario dibujado en la pizarra</i>	342
7.2.4	<i>Reconstruyendo el escenario dibujado en la pizarra</i>	345
7.2.5	<i>Representación del vector campo a partir de la línea de campo</i>	350
7.2.6	<i>Las líneas de campo eléctrico son líneas abiertas</i>	352
7.2.7	<i>Las líneas de campo magnético, una premisa aun no construida</i>	354
7.2.8	<i>Las líneas de campo eléctrico no se cruzan</i>	355
7.2.9	<i>Aspectos didácticos de Laura en la explicación</i>	358
7.2.9.1	La retórica de la enseñanza	359
7.2.9.2	Destaca, ordena y refuerza los significados que van construyendo la historia.	361
7.2.9.3	Elaboración de entidades	364
7.2.9.4	Promueve aptitudes de la profesión	366
7.2.10	<i>Aspectos multimodales de Laura</i>	367
7.2.10.1	La puesta en escena de Laura en la historia	367
7.2.10.2	Modos comunicativos utilizados por Laura	370
7.2.10.3	Resultados de la construcción de la historia de Laura	372

7.2.11	<i>La representación de la construcción de historia de Laura.</i>	374
7.2.11.1	La gráfica de la trayectoria narrativa.	374
7.2.11.2	Modos comunicativos y la trayectoria narrativa de Laura.	375
7.3	PERE: LA APLICACIÓN DE LA VISIÓN CIENTÍFICA. EL EJEMPLO.	377
7.3.1	<i>La apertura del ejemplo. La escritura y el dibujo en la pizarra.</i>	378
7.3.2	<i>El dibujo y la representación espacial.</i>	380
7.3.3	<i>La Mímica: Yo soy una carga puntual y mis brazos las líneas de campo.</i>	381
7.3.4	<i>La interacción entre el dibujo y la resolución matemática.</i>	385
7.3.5	<i>Cierre del ejemplo. Representación del sistema imaginario: el cubo.</i>	387
7.3.6	<i>Aspectos didácticos de Pere en la explicación</i>	393
7.3.6.1	La retórica de la enseñanza.	394
7.3.6.2	Destaca y refuerza los significados construidos o que van construyendo la historia.	396
7.3.6.3	Elaboración de entidades.	398
7.3.6.4	Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión.	400
7.3.7	<i>Aspectos multimodales de Pere en la explicación.</i>	403
7.3.7.1	La puesta en escena de Pere en la historia.	403
7.3.7.2	Modos comunicativos utilizados por Pere.	405
7.3.7.3	Resultados de la construcción de la historia de Pere	406
7.3.8	<i>La representación de la construcción de historia de Pere.</i>	407
7.3.8.1	La gráfica de la trayectoria narrativa.	407
7.3.8.2	Modos comunicativos y la trayectoria narrativa de Pere.	410
7.4	MONTSE: LAS LÍNEAS DE CAMPO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.	412
7.4.1	<i>La presentación del sistema-problema con dibujos en secuencia.</i>	414
7.4.2	<i>La gestualidad sobre la pizarra: las líneas de campo.</i>	416
7.4.3	<i>El cilindro como superficie gaussiana. ¿Y cómo lo colocamos?</i>	417
7.4.4	<i>Montse induce el error: “¿y si coloco el cilindro así?”.</i>	419
7.4.5	<i>Montse: ¿Cómo coloco la superficie Gaussiana, el cilindro, sobre el plano?</i>	422
7.4.6	<i>Montse. Desarrollando el escenario para iniciar la resolución matemática.</i>	424
7.4.7	<i>Montse. El desarrollo matemático ¿Cuánto vale la carga encerrada?</i>	426
7.4.8	<i>Campo eléctrico generado por el plano con la ley de Gauss.</i>	431
7.4.9	<i>Formas de intervención de la profesora Montse en la explicación.</i>	433
7.4.9.1	La retórica de la enseñanza.	434
7.4.9.2	Destaca y refuerza los significados construidos o que van construyendo la historia.	435
7.4.9.3	Elaboración de entidades.	437
7.4.9.4	Promueve aptitudes de la profesión.	439
7.4.10	<i>Aspectos multimodales de Montse en la explicación.</i>	441
7.4.10.1	La puesta en escena de Montse en la historia.	441
7.4.10.2	Modos comunicativos utilizados vs puesta en escena de Montse.	445
7.4.10.3	Resultados de la construcción de la historia de Montse	446
7.4.11	<i>La representación de la construcción de la historia de Montse</i>	448
7.4.11.1	La gráfica de la trayectoria narrativa.	448
7.4.11.2	Modos comunicativos en la trayectoria narrativa de Montse.	450
7.5	RESULTADOS.	452
7.5.1	<i>Aspectos Didácticos</i>	453
7.5.1.1	La retórica en el aula, cómo el profesor integra a la audiencia al discurso de la historia.	453
7.5.1.2	Destaca, ordena y refuerza significados	457
7.5.1.3	La elaboración de entidades:	459
7.5.1.4	Cómo promueven habilidades propias de la profesión.	462

7.5.2	<i>La trayectoria narrativa según los propósitos de la explicación</i>	465
7.5.3	<i>Las líneas de campo eléctrico en el programa de Física Electromagnética</i>	468
7.6	A MODO DE CIERRE	470
8.	TRES MIRADAS Y TRES HISTORIAS, DE FLUJO ELÉCTRICO Y LEY DE GAUSS: LA INTERACCIÓN MULTIMODAL. ANÁLISIS Y RESULTADOS	471
8.1	INTRODUCCIÓN	472
8.1.1	<i>Los objetivos y categorías de análisis</i>	472
8.1.2	<i>Organización del capítulo</i>	477
8.1.3	<i>El punto común en las historias: “flujo eléctrico” y el escenario del plano</i>	478
8.2	PERE Y LA CONSTRUCCIÓN DE LA HISTORIA DE FLUJO ELÉCTRICO	479
8.2.1	<i>Pere y la primera definición de flujo sobre el escenario “Plano-LCE”</i>	480
8.2.2	<i>Flujo como producto escalar en el plano</i>	484
8.2.3	<i>La superficie no plana y el flujo como integral</i>	487
8.2.4	<i>Flujo para superficie cerrada</i>	491
8.2.5	<i>El dipolo, flujo eléctrico y la expresión de Gauss</i>	495
8.2.6	<i>La expresión de la ley de Gauss</i>	497
8.2.7	<i>Pere, el flujo y la analogía entre el dipolo y un llenado de tanque</i>	501
8.2.8	<i>La superficie gausseana en el ejemplo de la carga puntual, ley de Gauss</i>	505
8.2.9	<i>Aspectos didácticos de Pere en la explicación</i>	505
8.2.10	<i>Aspectos argumentativos de Pere enlazados en la historia</i>	509
8.2.10.1	Tipos de argumentos encontrados en la explicación de Pere	509
8.2.10.2	La explicación de Pere y las tesis elaboradas sobre los escenarios	509
8.2.10.3	La “presencia” en la explicación de Pere	520
8.2.10.4	La creación de la comunión del auditorio	520
8.2.10.5	Interacción de los escenarios construidos en la historia de Pere	521
8.2.11	<i>Aspectos multimodales y modos comunicativos utilizados por Pere</i>	524
8.2.11.1	La puesta en escena de Pere	524
8.2.11.2	Modos comunicativos en Flujo utilizados por Pere	528
8.2.11.3	Modos comunicativos en ley de Gauss utilizados por Pere	532
8.2.11.4	Modos comunicativos en el Ejemplo de la carga eléctrica (síntesis)	537
8.2.11.5	La interacción de los modos comunicativos Pere en la construcción de la historia	540
8.3	MONTSE Y EL FLUJO ELÉCTRICO	544
8.3.1	<i>Montse, la introducción al concepto de flujo y la representación de un río</i>	545
8.3.2	<i>Montse y la medición del flujo en otro escenario imaginario</i>	550
8.3.3	<i>El sistema plano y el primer concepto de flujo eléctrico</i>	556
8.3.4	<i>El diferencial de área y la expresión matemática del flujo eléctrico</i>	559
8.3.5	<i>El sistema plano inclinado y el comportamiento del producto escalar</i>	562
8.3.6	<i>Superficie no plana y el vector área</i>	565
8.3.7	<i>Superficie Gaussiana</i>	567
8.3.8	<i>Flujo a través de una esfera con una carga puntual en su centro</i>	570
8.3.9	<i>Montse y el sistema dipolo para la ley de Gauss</i>	575
8.3.10	<i>Aspectos didácticos de Montse en la explicación</i>	579
8.3.11	<i>Aspectos argumentativos de Montse</i>	583
8.3.11.1	Tipos de argumentos encontrados en la explicación de Montse	584
8.3.11.2	La explicación de Montse desde las premisas y tesis	584
8.3.11.3	La “presencia” en la explicación de Montse	598
8.3.11.4	La creación de la comunión en el auditorio	599
8.3.11.5	Interacción de los escenarios construidos en la historia de Montse	599
8.3.12	<i>Aspectos multimodales y modos comunicativos utilizados por Montse</i>	602

8.3.12.1	La puesta en escena de Montse	602
8.3.12.2	Modos comunicativos en Flujo utilizados por Montse.....	608
8.3.12.3	Modos comunicativos en el enunciado de la ley de Gauss.	613
8.3.12.4	Modos comunicativos de Montse aplicando Gauss en RP: Plano Infinito.....	616
8.3.13	<i>Interacción de los modos comunicativos de Montse.....</i>	621
8.4	LAURA Y EL FLUJO ELÉCTRICO:.....	625
8.4.1	<i>Apertura. El flujo eléctrico y otras premisas aun no construidas.....</i>	626
8.4.2	<i>El escenario dibujado del plano de la espira y líneas de campo eléctrico uniforme.</i>	629
8.4.3	<i>La construcción imaginaria del escenario con una carpeta.....</i>	633
8.4.4	<i>Flujo a través del plano, la carpeta.....</i>	637
8.4.5	<i>El sistema del plano inclinado y la vista espacial con la rotación de los ejes.</i>	643
8.4.6	<i>El plano en secuencia, rotando el plano.</i>	647
8.4.7	<i>Una superficie no plana y la ecuación del flujo como integral</i>	651
8.4.8	<i>Aspectos didácticos de la profesora Laura en la explicación</i>	654
8.4.9	<i>Aspectos argumentativos de la historia de Laura.....</i>	659
8.4.9.1	Tipos de argumentos encontrados en la explicación de Laura.....	659
8.4.9.2	La explicación de Laura desde las premisas y tesis	659
8.4.9.3	La “presencia” en la explicación de Laura.	670
8.4.9.4	La creación de la comunión del auditorio.	672
8.4.9.5	Interacción de los escenarios construidos en la historia de Laura	672
8.4.10	<i>Aspectos multimodales y modos comunicativos de Laura</i>	674
8.4.10.1	La puesta en escena de Laura.	674
8.4.10.2	Modos comunicativos en Flujo utilizados por Laura.	677
8.4.10.3	Interacción de modos comunicativos de Laura en la historia “Flujo eléctrico”	685
8.5	A MODO DE CIERRE DE RESULTADOS.	688
9.	RESULTADOS FINALES DE LA INVESTIGACIÓN	691
9.1	ASPECTOS DIDÁCTICOS	691
9.1.1	<i>Resultados en relación a “La retórica de la enseñanza”.....</i>	692
9.1.1.1	¿Hacia dónde vamos?	692
9.1.1.2	¿Que esperamos?.....	695
9.1.2	<i>Destaca ordena y refuerza significados.</i>	696
9.1.2.1	¿Cómo organiza la clase?	696
9.1.2.2	¿Cómo verifica la comprensión de la audiencia?	698
9.1.3	<i>Elabora Entidades.....</i>	702
9.1.3.1	¿Qué entidades elaboran y cómo las definen?	702
9.1.3.2	¿Cómo crean la imagen?	704
9.1.4	<i>Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión</i>	707
9.1.4.1	En la expresión matemática.	707
9.1.4.2	En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación	707
9.2	ASPECTOS RETÓRICOS - ARGUMENTATIVOS.....	712
9.2.1	<i>Tipos de premisas</i>	712
9.2.2	<i>Formas de presentarla: la presencia y la multimodalidad.....</i>	714
9.2.3	<i>Tipos de argumentos encontrados en las explicaciones</i>	714
9.2.4	<i>Comparando Tesis en la construcción de flujo y ley de Gauss.</i>	716
9.2.5	<i>Comparando los escenarios utilizados en la historia de flujo y ley de Gauss.</i>	724
9.2.6	<i>La preparación y la comunión con la audiencia.....</i>	729
9.2.6.1	Cómo se presenta Pere:	730

9.2.6.2	Cómo se presenta Laura:.....	733
9.2.6.3	Cómo se presenta Montse:	735
9.2.6.4	Cómo se presentan los profesores	737
9.3	ASPECTOS DESDE LA ACCIÓN MULTIMODAL ENCONTRADOS EN LOS PROFESORES	737
9.3.1	<i>La Puesta en escena y la disposición corporal</i>	738
9.3.1.1	La mirada y el contacto visual en el profesor	738
9.3.1.2	La disposición corporal de los profesores	739
9.3.1.3	Uso que hace el Profesor del espacio para desplazarse.....	741
9.3.2	<i>Modo Verbal</i>	743
9.3.3	<i>Modo Gestual</i>	745
9.3.4	<i>Modo Escritura</i>	746
9.3.5	<i>Modo Dibujo</i>	750
9.3.5.1	Dibujo Sencillo (D):	753
9.3.5.2	Dibujo en Desarrollo (DD):	754
9.3.5.3	Dibujo en secuencia (DS):.....	758
9.3.5.4	La composición en la resolución de problemas.....	760
9.3.6	<i>Modo Representación</i>	762
9.3.6.1	La Recreación del imaginario con la narrativa (objetos imaginarios)	762
9.3.6.2	La Representación con objetos físicos.....	762
9.3.7	<i>La interacción de los modos</i>	763
9.3.7.1	Repetición Multimodal o representación múltiple	764
9.3.7.2	Dinámicas de intensidad multimodal destacada	765
9.4	LA TRAYECTORIA NARRATIVA Y LAS TENSIONES EN LA HISTORIA EXPLICATIVA.	769
9.5	EL TABLERO MODAL Y EL ESQUEMA DE BARRAS MODALES	771
9.5.1	<i>El tablero modal</i>	771
9.5.2	<i>El gráfico de barras modales</i>	772
9.6	LA DEFINICIÓN GRÁFICA DE LA “CLASE” COMO EVOLUCIÓN DE HISTORIAS CONSTRUIDAS	773
9.7	. HACIA LA PREPARACIÓN DOCENTE.....	776
10.	CONCLUSIONES	779
10.1	INTRODUCCIÓN.....	779
10.2	LA CONSTRUCCIÓN DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS	780
10.3	CONCLUSIONES DESDE LAS CATEGORÍAS DIDÁCTICAS	781
10.4	CONCLUSIONES DESDE LAS CATEGORÍAS RETÓRICO-ARGUMENTATIVAS	785
10.5	CONCLUSIONES DESDE LAS CATEGORÍAS MULTIMODALES	789
10.6	CONCLUSIONES DESDE LAS CATEGORÍAS TRAYECTORIAS	794
10.7	CONCLUSIONES HACIA EL DISEÑO DE MATERIALES DE FORMACIÓN DOCENTE.....	796
10.8	CONCLUSIONES A MODO DE CIERRE	797
10.9	DIFUSIÓN DE RESULTADOS.....	800
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	807

Índices de Figuras:

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
FIGURA 1.1 EL ORGANIGRAMA ACADÉMICO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO- VENEZUELA.	11
FIGURA 1.2. LA ENSEÑANZA EN EL AULA Y LA FORMACIÓN DE PROFESORES.	13
FIGURA 1.3. PERSPECTIVAS TEÓRICAS QUE ORIENTAN LA INVESTIGACIÓN Y SU MARCO ANALÍTICO.	23
FIGURA 1.4. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.	28
2. MARCO TEÓRICO	33
FIGURA 2.1. PASOS HACIA UNA ESTRUCTURA DE CONTENIDO PARA LA INSTRUCCIÓN. MODELO DE RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA. FUENTE: DUIT (2007)	40
3. DISEÑO METODOLÓGICO	87
FIGURA 3.1. TÉCNICA DE SEGMENTACIÓN USADA EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS.	99
FIGURA 3.2. ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN	103
FIGURA 3.3. TRANSCRIPCIÓN MULTIMODAL INICIAL DE LA PROFESORA LAURA.	111
FIGURA 3.4. PRESENTACIÓN DIDÁCTICO - MULTIMODAL DE LA DATA DE LA INVESTIGACIÓN.	112
FIGURA 3.5. TABLAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS MACRO DE LA SECUENCIA DE LAS EXPLICACIONES, ORGANIZADAS POR: A) EL CONTENIDO, B) EL TIEMPO, C) SEGMENTOS COMPARADOS.	119
FIGURA 3.6. MONTSE. EJEMPLOS DE TABLAS DE ANÁLISIS.	123
FIGURA 3.7. LAURA EJEMPLOS DE TABLAS DE ANÁLISIS.	124
FIGURA 3.8. PERE. EJEMPLOS DE TABLAS DE PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS.	126
4. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	133
FIGURA 4.1. ADAPTACIÓN DEL MODELO DE DUIT (2007) PARA ANALIZAR Y CONSTRUIR LA UNIDAD DE ENSEÑANZA.	141
FIGURA 4.2. EJEMPLO DE ARGUMENTO DE DOBLE JERARQUÍA. TEMA: FLUJO ELÉCTRICO.	162
FIGURA 4.3. CATEGORÍA DD: DIBUJO COMO BASE DE LA EXPLICACIÓN. EJEMPLO DEL CAPÍTULO SIETE, MUESTRA EL DESARROLLO DEL DIBUJO EN QUINCE EPISODIOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	179
FIGURA 4.4. CATEGORÍA (DS): DIBUJO EN SECUENCIA, TIPOS: A) VISTA DE PERFIL Y B) SECUENCIA CAMBIANDO LA INCLINACIÓN DEL PLANO. TEMA: LÍNEAS DE CAMPO Y FLUJO ELÉCTRICO.....	180
FIGURA 4.5. REPRESENTACIÓN UTILIZANDO OBJETOS FÍSICOS SÓLO (ROG), Y SOBRE EL DIBUJO DE LA PIZARRA (ROD). EJEMPLOS DE CATEGORÍAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	182
FIGURA 4.6. EL TABLERO MODAL . HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE LOS MODOS COMUNICATIVOS UTILIZADOS POR EL PROFESOR EN LA HISTORIA EXPLICATIVA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	183
FIGURA 4.7. EJEMPLO DE GRAFICA DE TRAYECTORIA NARRATIVA. EN LA PARTE SUPERIOR LA FUENTE, Y EN LA PARTE INFERIOR LA RESULTANTE PARA LA INVESTIGACIÓN.	186
5. ANÁLISIS DE LAS SECUENCIAS EXPLICATIVAS. LA RELACIÓN DIDÁCTICA: CONTENIDO – TIEMPO – HISTORIAS.....	189
FIGURA 5.1. LA MIRADA EN EL DESARROLLO DE LA HISTORIA EXPLICATIVA, DESDE EL SABER ENSEÑADO, LA DIDÁCTICA, LA ARGUMENTATIVA, Y LA MULTIMODAL.	190
FIGURA 5.2. SINÓPTICO DEL PROGRAMA CURRICULAR DE FÍSICA II DE LA FACULTAD. DE INGENIERÍA-UNIVERSIDAD DE CARABOBO- VENEZUELA (AÑO 2003).....	202
FIGURA 5.3. CLASIFICACIÓN DE LOS TÓPICOS POR COLOR.	208
FIGURA 5.4. LAS LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO (LCE) EN LAS EXPLICACIONES DE LOS TRES PROFESORES.....	210
6. LA MIRADA ARGUMENTATIVA. LA CARGA ELÉCTRICA. ANÁLISIS Y RESULTADOS	225
FIGURA 6.1. ANÁLISIS DE LA HISTORIA DESDE LA VISIÓN RETÓRICA ARGUMENTATIVO Y MULTIMODAL.	227
FIGURA 6.2. DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LA EXPLICACIÓN: LA CARGA ELÉCTRICA. [A01_M, A09_M].....	255
FIGURA 6.3 A). ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA TESIS: LA CARGA ELÉCTRICA ES UNA PROPIEDAD DE LA MATERIA Y EL FENÓMENO DE LA ELECTRIFICACIÓN ELECTROSTÁTICA LO PERCIBIMOS EN EL HACER COTIDIANO. [A01_M, A05_M]. ...	256

FIGURA 6.3 B). ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA TESIS: LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA. EPISODIOS [A06_M, A09_M].	257
FIGURA 6.4. LA INTERACCIÓN DE LOS ARGUMENTOS PARA PRESENTAR EL FENÓMENO DE LA CARGA ELÉCTRICA EN LA EXPLICACIÓN DE LA PROFESORA MONTSE. EPISODIOS [A01_M, A05M].	259
FIGURA 6.5. LA INTERACCIÓN DE LOS ARGUMENTOS PARA CONFORMAR LA DEMOSTRACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE BARRA CARGADA POR “FROTAMIENTO CON PIEL” Y TROZO DE POLIESPÁN. PROFESORA MONTSE. [EPISODIOS A10_M, A11_M].	275
FIGURA 6.6. LA INTERACCIÓN DE LOS ARGUMENTOS PARA PRESENTAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA ELÉCTRICA EN LA EXPLICACIÓN DE LA PROFESORA MONTSE. [EPISODIOS A11_M, A15_M].	276
FIGURA 6.7. LA INTERACCIÓN DE LOS ARGUMENTOS PARA PRESENTAR LAS INTERACCIONES EN LA NATURALEZA EN LA EXPLICACIÓN. PROFESOR PERE. EPISODIOS [A01_P].	288
FIGURA 6.8. LA INTERACCIÓN DE LOS ARGUMENTOS PARA PRESENTAR EL CONCEPTO DE CAMPO ELÉCTRICO. PROFESOR PERE. EPISODIO [A05_P].	289
FIGURA 6.9. IMAGEN TOMADA DEL TEXTO, PARA LA EXPLICACIÓN (EPISODIOS B19-20_L)	293
FIGURA 6.10. LA INTERACCIÓN DE LOS ARGUMENTOS PARA EXPLICAR LA REPRESENTACIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO EN LA CARGA ELÉCTRICA CON LÍNEAS RADIALES Y EL EFECTO TRIDIMENSIONAL CON LOS GESTOS. PROFESORA LAURA EPISODIOS [B19_L, B20_L].	305
FIGURA 6.11. LOS ARGUMENTOS VERBALES Y GRÁFICOS, PARA EXPLICAR LA REPRESENTACIÓN DE UNA CARGA NEGATIVA - Q, PARTIENDO DE LA REPRESENTACIÓN DE UNA CARGA POSITIVA +2Q. PROFESORA LAURA EPISODIOS [B21_L, B23_L].	306
FIGURA 6.12. LOS ARGUMENTOS VERBALES Y GRÁFICOS, PARA EXPLICAR LAS REPRESENTACIONES DE DOS SISTEMAS CON DOS CARGAS PUNTUALES. PROFESORA LAURA EPISODIOS [B24_L, B25_L].	307
7. LA MIRADA DIDÁCTICA Y TRAYECTORIA DE TENSIONES. LAS LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO. ANÁLISIS Y RESULTADOS	327
FIGURA 7.1. ANÁLISIS DESDE LA MIRADA DIDÁCTICA MULTIMODAL.	331
FIGURA 7.2. GRÁFICA NARRATIVA MULTIMODAL DE TENSIÓN EN EL TIEMPO. EPISODIOS B01_L AL B18_L ELABORACIÓN DE LA ENTIDAD: LÍNEAS DE CAMPO.	375
FIGURA 7.3. GRÁFICA NARRATIVA MULTIMODAL DE TENSIÓN EN EL TIEMPO. EPISODIOS E01_P AL E13_P ELABORACIÓN DE LA ENTIDAD: SUPERFICIE GAUSSIANA.	408
FIGURA 7.4. TRAYECTORIA [E23_M, E34_M] DE MONTSE PLANO INFINITO.	448
8. TRES MIRADAS Y TRES HISTORIAS, DE FLUJO ELÉCTRICO Y LEY DE GAUSS: LA INTERACCIÓN MULTIMODAL. ANÁLISIS Y RESULTADOS	471
FIGURA 8.1 SISTEMA QUE APARECE EN LOS TEXTOS PARA DEFINIR EL FLUJO ELÉCTRICO.	478
9. RESULTADOS FINALES DE LA INVESTIGACIÓN	691
FIGURA 9.1 TIPOS DE PREMISAS EN EL TEMA DE FLUJO ELÉCTRICO.	713
FIGURA 9.2. DISPOSICIÓN CORPORAL DEL PROFESOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	739
FIGURA 9.3. DISPOSICIÓN DEL AULA Y DESPLAZAMIENTO DE LOS PROFESORES.	741
FIGURA 9.4. EJEMPLO DE DESPLAZAMIENTO DE LAURA.	742
FIGURA 9.5. DIBUJO UTILIZADO POR LOS TRES PROFESORES, PARA MOSTRAR EL COMPORTAMIENTO VARIABLE DEL VECTOR ÁREA A LO LARGO DE UNA SUPERFICIE NO PLANA.	753
FIGURA 9.6. LA EXPLICACIÓN SOPORTADA EN UN DIBUJO. EJEMPLO: EL DIPOLO.	757
FIGURA 9.7. EJEMPLOS EN LAS PIZARRAS DE DIBUJOS EN SECUENCIA.	759
FIGURA 9.8 LAURA Y LA REPRESENTACIÓN CON OBJETOS FÍSICOS EN LA HISTORIA: FLUJO ELÉCTRICO.	763
FIGURA 9.9. EJEMPLO DEL ESQUEMA DE BARRAS MODALES.	772
FIGURA 9.10. LA HISTORIA EXPLICATIVA QUE VA CONFORMANDO LA CLASE EN EL TIEMPO	774
FIGURA 9.11. LA REPRESENTACIÓN DE LA ACTUACIÓN DEL PROFESOR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA HISTORIA EXPLICATIVA.	775
10. CONCLUSIONES	779
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	807

Índices de Tablas:

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
TABLA 1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	26
2. MARCO TEÓRICO	33
3. DISEÑO METODOLÓGICO	87
TABLA 3.1. CARACTERÍSTICAS QUE DIRIGEN EL ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	88
TABLA 3.2. ESQUEMA DE LA TABLA DE DATOS A NIVEL MACRO.....	105
TABLA 3.3 PRIMERA SESIÓN DE CLASES REGISTRADA, DE LA PROFESORA MONTSE	106
TABLA 3.4. CÓDIGOS USADOS PARA LA PRESENTACIÓN DE LOS DATOS, EN SEGMENTOS Y EPISODIOS.	108
TABLA 3.5. ESTRUCTURA DEL CÓDIGO DEL EPISODIO.	108
TABLA 3.6. ORGANIZACIÓN Y CONTENIDO DE LA TRANSCRIPCIÓN.....	110
TABLA 3.7. DIMENSIONES QUE DEFINEN LAS CATEGORÍAS DE LA INVESTIGACIÓN	115
TABLA 3.8. CATEGORÍAS QUE DESCRIBEN LOS CAPÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.....	116
4. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	133
TABLA 4.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS DIMENSIONES DE ANÁLISIS EN EL DISEÑO DE LOS CAPÍTULO DE LOS	137
TABLA 4.2. DIMENSIÓN 1A. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS SOCIO DIDÁCTICO COMUNICATIVAS. LA CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA A PARTIR DE LAS SECUENCIAS EXPLICATIVAS.	139
TABLA 4.3. DIMENSIÓN 1B. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS SOCIO DIDÁCTICO COMUNICATIVAS. LAS FORMAS DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICAS DEL PROFESOR EN LA EXPLICACIÓN.....	145
TABLA 4.4. DIMENSIÓN 2. CATEGORÍAS DESDE EL MARCO TEÓRICO DE LA TEORÍA DE LA ARGUMENTACIÓN- LA NUEVA RETÓRICA DE PERELMAN Y OLBRECHTS-TYTECA.....	154
TABLA 4.5. ARGUMENTOS CUASI LÓGICOS	159
TABLA 4.6. ARGUMENTOS BASADOS EN LA ESTRUCTURA DE LO REAL	161
TABLA 4.7. ARGUMENTOS QUE FUNDAMENTAN LA ESTRUCTURA DE LO REAL	163
TABLA 4.8. DIMENSIÓN 3. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS MULTIMODAL	168
TABLA 4.9. LA CATEGORÍA DE ENLACES. ALGUNOS TIPOS DESDE EL DIBUJO O LA REPRESENTACIÓN HACIA LO ESCRITO.	177
TABLA 4.10. DIMENSIÓN T. LA REPRESENTACIÓN DE LA TRAYECTORIA EXPLICATIVA EN LA HISTORIA.	184
TABLA 4.11. LA TENSIÓN EN LA HISTORIA EXPLICATIVA.	187
5. ANÁLISIS DE LAS SECUENCIAS EXPLICATIVAS. LA RELACIÓN DIDÁCTICA: CONTENIDO – TIEMPO – HISTORIAS.....	189
TABLA 5.1. DIMENSIÓN 1. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS SOCIO DIDÁCTICO COMUNICATIVAS. LA CONSTRUCCIÓN DIDÁCTICA DE LA EXPLICACIÓN	191
TABLA 5.2. SECUENCIA DE LAS CLASES DE LA PROFESORA LAURA.	195
TABLA 5.3. SECUENCIA DE LAS CLASES DE LA PROFESORA MONTSE.	197
TABLA 5.4. SECUENCIA DE LAS CLASES DE LA PROFESORA PERE.....	199
TABLA 5.5. CRONOGRAMA DE LAS SESIONES DE CLASES SOBRE ELECTROSTÁTICA PARA UN SEMESTRE ORDINARIO	203
TABLA 5.6. PRESENTACIÓN COMPARATIVA DE LAS EXPLICACIONES DE LOS PROFESORES.....	206
TABLA 5.7. TABLA COMPARATIVA CONTENIDO VS TIEMPO DE LOS TRES PROFESORES	209
TABLA 5.8. ESTRUCTURA DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS.....	213
TABLA 5.9. SELECCIÓN DE LOS SEGMENTOS QUE FORMARAN LAS UNIDADES DIDACTICAS.	215
TABLA 5.10. SELECCIÓN DE LOS SEGMENTOS PARA LA UNIDAD DIDÁCTICA: “CARGA ELÉCTRICA”.	216
TABLA 5.11. SELECCIÓN DE LOS SEGMENTOS PARA LA UNIDAD DIDÁCTICA: “LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO”.	218
TABLA 5.12. SELECCIÓN DE LOS SEGMENTOS PARA LAS UNIDADES DIDÁCTICAS DE FLUJO ELÉCTRICO Y LEY DE GAUSS. ...	220
TABLA 5.13. PRESENTACIÓN DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS DE LA INVESTIGACIÓN.	222
6. LA MIRADA ARGUMENTATIVA. LA CARGA ELÉCTRICA ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	225
TABLA 6.1. DIMENSIÓN 2. PRIMERA PARTE: LA VISIÓN ARGUMENTATIVA DE LA EXPLICACIÓN.....	229
TABLA 6.2. CLASE DE MONTSE. INTRODUCCIÓN A LA CARGA ELÉCTRICA. ORAL Y GESTUAL. EPISODIO A01_M.	233

TABLA 6.3. ANÁLISIS DE LA INTRODUCCIÓN A LA CARGA ELÉCTRICA. TESIS, PREMISAS, MULTIMODALIDAD Y FUNCIÓN CLASE #2 DE MONTSE -. EPISODIO A01_M	234
TABLA 6.4. CLASE NÚMERO 2 DE MONTSE _EPISODIO A01_M – INTRODUCCIÓN A LA CARGA ELÉCTRICA	235
TABLA 6.5. EPISODIO A02_M. LA CARGA ELÉCTRICA: LA ROPA EN LA SECADORA COMO ARGUMENTO DE ILUSTRACIÓN.	237
TABLA 6.6. TESIS Y PREMISAS. EPISODIO A02_M. ARGUMENTO POR ILUSTRACIÓN VISUAL. CARGA ELÉCTRICA	238
TABLA 6.7 TABLA RESUMEN DE TESIS, PREMISAS Y ARGUMENTOS (EPISODIO A02_M)	239
TABLA 6.8. EPISODIO A03_M. LA CARGA ELÉCTRICA: REPRESENTACIÓN DE UN CORRIENTAZO.	241
TABLA 6.9. ANÁLISIS ARGUMENTATIVO EN A03_M. ONOMATOPEYA Y MÍMICA EN CARGA ELÉCTRICA.	242
TABLA 6.10. RESUMEN ARGUMENTATIVO EN A03_M. LA CARGA DE LOS OBJETOS COMO FENÓMENO COTIDIANO.	243
TABLA 6.11. EPISODIO A04_M. LA CARGA ELÉCTRICA: EL COCHE SE CARGA AL CORRER	245
TABLA 6.12. ANÁLISIS ARGUMENTATIVO EN A04_M: “YO SOY EL COCHE” Y ME CARGO CON CARGA ELÉCTRICA	246
TABLA 6.13. EPISODIO A05_M. EL CUERPO HUMANO ES BUEN CONDUCTOR	248
TABLA 6.14. ANÁLISIS ARGUMENTATIVO DE A05_M: “EL CUERPO HUMANO ES UN BUEN CONDUCTOR”	249
TABLA 6.15. EPISODIOS A06 HASTA A09_M. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA ELÉCTRICA	252
TABLA 6.16. ANÁLISIS DE PREMISAS Y TESIS EN [A06_M, A09_M]. LA CARGA ELÉCTRICA.	253
TABLA 6.17. LA DEMOSTRACIÓN EXPERIMENTAL DE CARGA ELÉCTRICA DE LA PROFESORA MONTSE.	261
TABLA 6.18. LA DEMOSTRACIÓN EXPERIMENTAL DE CARGA ELÉCTRICA DE LA PROFESORA MONTSE.	262
TABLA 6.19. LAS PREMISAS EN A10_M: MÍMICA DEL EXPERIMENTO EN CARGA ELÉCTRICA	264
TABLA 6.20. EPISODIO A11_M: DEMOSTRACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ELÉCTRICA	265
TABLA 6.21. LAS PREMISAS EN A12_M: CARGAS IGUALES SE REPELEN.	266
TABLA 6.22. LAS PREMISAS EN A13_M. LA CARGA AL FROTAR UN AISLANTE.....	268
TABLA 6.23. LAS PREMISAS EN A14_M Y A15_M. LA CONSERVACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA	270
TABLA 6.24. LAS PREMISAS EN A14_M ¿CÓMO ES QUE SE CARGA LA BARRA AL FROTARSE?	271
TABLA 6.25. LAS PREMISAS EN A15_M: ¿CÓMO TRABAJA LA CONSERVACIÓN DE LA CARGA?	273
TABLA 6.26. LA DIVISIÓN DE LAS PARTES EN EL TODO. CLASE DE APERTURA DE PERE.....	280
TABLA 6.27. TABLA DESCRIPTIVA DE TESIS -PREMISAS PARA DESCRIBIR EL EPISODIO A01_P, A02_P	282
TABLA 6.28. EL CAMPO ELÉCTRICO PARA EXPLICAR LA INTERACCIÓN ENTRE CARGAS ELÉCTRICAS.	284
TABLA 6.29. TABLA DESCRIPTIVA DE TESIS -PREMISAS PARA DESCRIBIR EL EPISODIO A03 Y A04_P	286
TABLA 6.30. LAURA Y LA REPRESENTACIÓN DE CARGAS PUNTUALES.....	291
TABLA 6.31. LAURA Y EL ARGUMENTO POR CITACIÓN DE AUTORIDAD A TRAVÉS DEL LIBRO TEXTO.	292
TABLA 6.32. EPISODIOS B19-20_L: LÍNEAS DE CAMPO PARA UNA CARGA PUNTUAL.	295
TABLA 6.33. EPISODIO B21_L: DIBUJO DEL SISTEMA: UNA CARGA PUNTUAL +2Q.	296
TABLA 6.34. EPISODIO B22_L: DIBUJO DEL SISTEMA: UNA CARGA PUNTUAL - Q.	299
TABLA 6.35. EPISODIO B23_L: DIFERENCIAS AL REPRESENTAR LAS CARGAS PUNTUALES -2Q Y -Q.	300
TABLA 6.36. EPISODIOS B24_L: DIBUJO DEL SISTEMA: DOS CARGAS PUNTUALES: +2Q, - Q.	302
TABLA 6.37. EPISODIOS B25_L: DIBUJO DEL SISTEMA: DOS CARGAS PUNTUALES: +Q, +Q.	303
TABLA 6.38. TABLERO MULTIMODAL DE LA HISTORIA CONSTRUIDA: LA CARGA ELÉCTRICA.....	309
TABLA 6.39. ARGUMENTOS ENCONTRADOS EN LOS TRES PROFESORES.....	321

7. LA MIRADA DIDÁCTICA Y TRAYECTORIA DE TENSIONES. LAS LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO. ANÁLISIS Y RESULTADOS327

TABLA 7.1A. DIMENSIÓN 1: CATEGORÍAS DIDÁCTICO COMUNICATIVAS	333
TABLA 7.1B. DIMENSIÓN 3: CATEGORÍAS MULTIMODALES	334
TABLA 7.2. EPISODIOS B01_L B05_L: PROPIEDADES DE LAS LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO.....	339
TABLA 7.3. ANÁLISIS DE LOS EPISODIOS B06_L B07_L. LA UNIDAD DE ÁREA TRANSVERSAL	341
TABLA 7.4. ANÁLISIS DEL SEGMENTO B08_L. USO DE OBJETO SOBRE ESCENARIO EN LA PIZARRA.....	343
TABLA 7.5. LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO: DEFINICIÓN Y PROPIEDADES. LAURA.....	344
TABLA 7.6. LAURA: LAS LÍNEAS DE CAMPO SALEN DE CARGA POSITIVA Y LLEGAN A CARGA NEGATIVA.....	346
TABLA 7.7. USO DE OBJETO SOBRE ESCENARIO EN LA PIZARRA. ANÁLISIS B11 AL B12_L.	348
TABLA 7.8. LAURA TRAZA EL VECTOR CAMPO, A PARTIR DE LA LÍNEA DE CAMPO Y DESCRIBE ZONA DE CAMPO UNIFORME. EPISODIOS B13_L Y B14_L.....	351
TABLA 7.9. REPRESENTACIÓN GESTUAL SOBRE EL DIBUJO EN LA PIZARRA: FUENTE-SUMIDERO.....	353
TABLA 7.10. EPISODIO B16_L RELACIONA LAS LÍNEAS DE CAMPO CON EL CAMPO MAGNÉTICO.....	355
TABLA 7.11. EPISODIO B17_L Y B18_L. LAS LÍNEAS DE CAMPO NO SE CRUZAN	357

TABLA 7.12A - FORMAS DE INTERVENCIÓN DE LA PROFESORA LAURA: LA RETÓRICA DE LA ENSEÑANZA.	360
TABLA 7.12B - FORMAS DE INTERVENCIÓN DE LAURA: DESTACA, ORDENA Y REFUERZA SIGNIFICADOS.	362
TABLA 7.12C - FORMAS DE INTERVENCIÓN DE LAURA: ELABORACIÓN DE ENTIDADES.	365
TABLA 7.12D - FORMAS DE INTERVENCIÓN DE LAURA: PROMUEVE HABILIDADES DE LA PROFESIÓN.	366
TABLAS 7.13A CONTENIDO DE LAS INTERACCIONES. LAURA EN CLASES DE LCE-PROPIEDADES.	368
TABLAS 7.13B CONTENIDO DE LAS INTERACCIONES. LAURA EN CLASES DE LCE-PROPIEDADES. DESARROLLO DEL ESCENARIO DIBUJADO EN LA PIZARRA. EPISODIOS [B01_L A B18_L]	369
TABLA 7.14. MODOS COMUNICATIVOS DE LAURA: PROPIEDADES DE LAS LÍNEAS DE CAMPO.	373
TABLA 7.15. MODOS COMUNICATIVOS Y CONSTRUCCIÓN DE LA HISTORIA: PROPIEDADES DE LAS LÍNEAS DE CAMPO.	376
TABLA 7.16 EPISODIOS E01_P AL E03_P. ESFERA GAUSSIANA ALREDEDOR DE UNA CARGA PUNTUAL.	379
TABLA 7.17 EPISODIOS E04_P. LÍNEAS DE CAMPO ALREDEDOR DE UNA CARGA PUNTUAL	381
TABLA 7.18. REPRESENTACIÓN MÍMICA. PERE: YO SOY LA CARGA. EPISODIO E05_P.	383
TABLA 7.19. LA MÍMICA. LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO. EPISODIOS E04_P Y E05_P	384
TABLA 7.20. LA GAUSSIANA EN LA SIMPLIFICACIÓN DE LA INTEGRAL DE GAUSS. E06_P Y E07_P	386
TABLA 7.21. REPRESENTACIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO DE UNA CARGA PUNTUAL. E08_P Y E09_P.	390
TABLA 7.22 EPISODIOS E10_P Y E11_P. CIERRE DEL CAMPO ELÉCTRICO DE UNA CARGA PUNTUAL.	391
TABLA 7.23 EPISODIOS E12_P Y E13_P. CIERRE DE LA CLASE.	392
TABLA 7.24A - FORMAS DE INTERVENCIÓN DE PERE. LA RETÓRICA DE LA ENSEÑANZA. SUPERFICIE GAUSSIANA Y FLUJO ELÉCTRICO	395
TABLA 7.24B - FORMAS DE INTERVENCIÓN DE PERE. DESTACA, ORDENA Y REFUERZA SIGNIFICADOS. SUPERFICIE GAUSSIANA Y FLUJO ELÉCTRICO	397
TABLA 7.24C - FORMAS DE INTERVENCIÓN DE PERE. ELABORA ENTIDADES. SUPERFICIE GAUSSIANA Y FLUJO ELÉCTRICO	399
TABLA 7.24D - FORMAS DE INTERVENCIÓN DE PERE. PROMUEVE APTITUDES Y HABILIDADES DE LA PROFESIÓN. SUPERFICIE GAUSSIANA Y FLUJO ELÉCTRICO.	401
TABLA 7.25. DESARROLLO DE LA PIZARRA Y GESTUALIDAD EN EL SEGMENTO [E01_P-E12_P]. EJEMPLO_ DETERMINAR EL CAMPO GENERADO POR UNA CARGA PUNTUAL.	404
TABLA 7.26. MULTIMODALIDAD EN EL EJEMPLO: CAMPO ELÉCTRICO DE UNA CARA PUNTUAL.	407
TABLA 7.27 LA GENERACIÓN/RESOLUCIÓN DE TENSIÓN EN LA HISTORIA DE PERE.	409
TABLA 7.28. MULTIMODALIDAD EN EL EJEMPLO: CAMPO ELÉCTRICO DE UNA CARGA PUNTUAL.	411
TABLA 7.29 EL PLANO INFINITO CONDUCTOR. LA EXPLICACIÓN DE MONTSE.	412
TABLA 7.30. EPISODIO E023_M. DIBUJO DEL SISTEMA: PLANO INFINITO DE MONTSE.	415
TABLA 7.31. EPISODIO E24_M. MIS DEDOS LAS LÍNEAS DE CAMPO. LA GESTUALIDAD SOBRE LA PIZARRA.	417
TABLA 7.32. EPISODIO E25_M. LA SUPERFICIE GAUSSIANA: EL CILINDRO Y LA COLOCACIÓN ADECUADA	418
TABLA 7.33. EPISODIO E26_M. LA SUPERFICIE GAUSSIANA DEL CILINDRO Y SU COLOCACIÓN SOBRE EL PLANO. LA REPRESENTACIÓN CON OBJETOS FÍSICOS.	421
TABLA 7.34. EPISODIO E27_M. LA COLOCACIÓN DE LA SUPERFICIE GAUSSIANA PARA EL PLANO.	423
TABLA 7.35. EPISODIOS E28_M AL E30_M. DIBUJO: EL PLANO CON LA GAUSSIANA FINAL.	425
TABLA 7.36. EPISODIOS E31_M. INICIANDO EL CÁLCULO DEL FLUJO DE FORMA MATEMÁTICA.	427
TABLA 7.37. EPISODIO E32_M, DESARROLLO MATEMÁTICO DE LA LEY DE GAUSS, ¿QUIÉN ES Q?	429
TABLA 7.38. EPISODIOS E33_M, EN MI SISTEMA, ¿QUIÉN ES Q? DESARROLLO MATEMÁTICO DE LA LEY DE GAUSS.	430
TABLA 7.39. EPISODIO E34_M. CIERRE DE LA RESOLUCIÓN DEL PLANO CON LA LEY DE GAUSS.	432
TABLA 7.40A. FORMAS DE INTERVENCIÓN DE MONTSE. LA RETÓRICA DE LA ENSEÑANZA. APLICACIÓN DE LA LEY DE GAUSS PARA HALLAR EL CAMPO DE UN PLANO INFINITO.	434
TABLA 7.40B. FORMAS DE INTERVENCIÓN DE MONTSE. DESTACA, ORDENA Y REFUERZA SIGNIFICADOS. APLICACIÓN DE LA LEY DE GAUSS PARA HALLAR EL CAMPO DE UN PLANO INFINITO.	436
TABLA 7.40C. FORMAS DE INTERVENCIÓN DE MONTSE. ELABORA ENTIDADES. APLICACIÓN DE LA LEY DE GAUSS PARA HALLAR EL CAMPO DE UN PLANO INFINITO.	438
TABLA 7.40D. FORMAS DE INTERVENCIÓN DE MONTSE. PROMUEVE APTITUDES Y HABILIDADES DE LA PROFESIÓN. APLICACIÓN DE LA LEY DE GAUSS PARA HALLAR EL CAMPO DE UN PLANO INFINITO.	440
TABLA 7.41A. DESARROLLO DE LOS MODOS COMUNICATIVOS DE MONTSE. RESOLUCIÓN DE PROBLEMA: DETERMINAR EL CAMPO A UNA DISTANCIA R, GENERADO POR UN PLANO INFINITO CONDUCTOR CON DENSIDAD DE CARGA $+\sigma$. EPISODIOS E23_M AL E34_M. TABLA 1/3.	442

TABLA 7.41B. DESARROLLO DE LOS MODOS COMUNICATIVOS DE MONTSE.RESOLUCIÓN DE PROBLEMA: DETERMINAR EL CAMPO A UNA DISTANCIA R , GENERADO POR UN PLANO INFINITO CONDUCTOR CON DENSIDAD DE CARGA $+\sigma$. EPISODIOS E23_M AL E34_M. TABLA 2/3.....	443
TABLA 7.41C. DESARROLLO DE LOS MODOS COMUNICATIVOS DE MONTSE.RESOLUCIÓN DE PROBLEMA: DETERMINAR EL CAMPO A UNA DISTANCIA R , GENERADO POR UN PLANO INFINITO CONDUCTOR CON DENSIDAD DE CARGA $+\sigma$. EPISODIOS E23_M AL E34_M. TABLA 3/3.....	444
TABLA 7.42. MULTIMODALIDAD DE MONTSE EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: EL PLANO INFINITO.....	447
TABLA 7.43. LA TENSIÓN EN LA HISTORIA DE MONTSE.....	449
TABLA 7.44. MULTIMODALIDAD DE MONTSE EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: EL PLANO INFINITO.....	451
TABLA 7.45 –COMPARANDO LA RETÓRICA DE LA ENSEÑANZA DE LOS TRES PROFESORES.....	456
TABLA 7.46 –COMPARANDO EL DESARROLLO DE LA HISTORIA DE LOS TRES PROFESORES	458
TABLA 7.47 –COMPARANDO LA ELABORACIÓN DE ENTIDADES POR LOS TRES PROFESORES	461
TABLA 7.48 –CÓMO LOS PROFESORES PROMUEVEN APTITUDES PROPIAS DE LA PROFESIÓN.....	464
TABLA 7.49. TRAYECTORIAS NARRATIVAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA HISTORIA DE LÍNEAS DE CAMPO.	467

8. TRES MIRADAS Y TRES HISTORIAS, DE FLUJO ELÉCTRICO Y LEY DE GAUSS: LA INTERACCIÓN

MULTIMODAL. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....471

TABLA 8.1A. DIMENSIÓN 1: CATEGORÍAS DIDÁCTICO COMUNICATIVAS	473
TABLA 8.1B. DIMENSIÓN 2: CATEGORÍAS ARGUMENTATIVAS.....	475
TABLA 8.1C. DIMENSIÓN 3: CATEGORÍAS MULTIMODALES	476
TABLA 8.1D DIMENSIÓN T. LA REPRESENTACIÓN DE LA TRAYECTORIA EXPLICATIVA EN LA HISTORIA.	477
TABLA 8.2. EPISODIOS [D01_P A D04_P]: EL SISTEMA PLANO Y LA DEFINICIÓN DE FLUJO.	481
TABLA 8.3. EPISODIOS D05_P A D09P. SISTEMA PLANO EN SECUENCIAS Y EL “VECTOR ÁREA”	486
TABLA 8.4. EPISODIOS D10_P AL D13_P. SISTEMA CASCARON ESFÉRICO Y EL VECTOR ÁREA.	490
TABLA 8.5. EPISODIOS D14_P AL D16_P. SISTEMA “DIPOL” Y LAS LÍNEAS DE CAMPO.	494
TABLA 8.6. EPISODIOS D17_P AL D18_P. DIPOL ELÉCTRICO Y FLUJO EN SUPERFICIES CERRADAS.....	497
TABLA 8.7. EPISODIOS D19_P AL D20_P. LEY DE GAUSS.	499
TABLA 8.8. EPISODIOS D22_P AL D25_P. ANALOGÍA ENTRE FLUJO ELÉCTRICO Y UNA PISCINA.....	503
TABLA 8.9. PIZARRA FINAL DE LA EXPLICACIÓN DE FLUJO ELÉCTRICO, Y LA ANALOGÍA CON UNA PISCINA. SEGMENTOS (D22_P-D25_P).....	504
TABLA 8.10 FORMAS DE INTERVENCIÓN DEL PROFESOR PERE. DIMENSIÓN DIDÁCTICA.	508
TABLA 8.11A. LA HISTORIA DE PERE, DESDE LA ARGUMENTACIÓN Y LOS ESCENARIOS.....	512
TABLA 8.11B. LA HISTORIA DE PERE, DESDE LA ARGUMENTACIÓN Y LOS ESCENARIOS.....	517
TABLA 8.11C. LA HISTORIA DE PERE, DESDE LA ARGUMENTACIÓN Y LOS ESCENARIOS.....	518
TABLA 8.12A. ESQUEMA DE ESCENARIOS Y ARGUMENTOS EN LA HISTORIA DE PERE [D01_P, D25_P][E01_P, E13_P].	522
TABLA 8.12B. ESQUEMA DE ESCENARIOS Y ARGUMENTOS EN LA HISTORIA DE PERE.....	523
TABLA 8.12B. ESQUEMA DE ESCENARIOS Y ARGUMENTOS EN LA HISTORIA DE PERE.....	523
TABLA 8.13A. PUESTA EN ESCENA DE PERE. FLUJO CONCEPTO CUALITATIVO Y COMO PRODUCTO ESCALAR.....	525
TABLA 8.13B. PUESTA EN ESCENA DE PERE. FLUJO EXPRESADO COMO LA INTEGRAL DEL PRODUCTO ESCALAR.....	526
TABLA 8.13C. PUESTA EN ESCENA DE PERE. FLUJO ELÉCTRICO Y LEY DE GAUSS.....	527
TABLA 8.14. MODOS COMUNICATIVOS DE PERE PARA FLUJO ELÉCTRICO.....	531
TABLA 8.15A. MODOS COMUNICATIVOS DE PERE PARA LEY DE GAUSS.....	536
TABLA 8.15B. MODOS COMUNICATIVOS DE PERE. CARGA PUNTUAL. CAMPO APLICANDO LEY DE GAUSS	539
TABLA 8.16. PERE Y LA INTERACCIÓN DE LOS MODOS COMUNICATIVOS	543
TABLA 8.17. EPISODIOS [D01_M, D04_M], EL RÍO Y LA ONOMATOPEYA EN LA PREMISA FLUJO.	549
TABLA 8.18. EPISODIOS [D05_M, D06_M], UN ARO EN LOS RÍOS AMAZONAS Y ORINOCO	552
TABLA 8.19. EPISODIOS [D07_M, D09_M] EL TIEMPO EN EL FLUJO ELÉCTRICO.	555
TABLA 8.20. FLUJO A TRAVÉS DEL PLANO DE UNA ESPIRA. EPISODIOS (D10_M, D11M).	558
TABLA 8.21. LA EXPRESIÓN MATEMÁTICA DE FLUJO ELÉCTRICO. EPISODIOS (D12_M, D13M).....	561
TABLA 8.22. EPISODIO [D14_M D15_M]. PRODUCTO ESCALAR DE LA EXPRESIÓN “FLUJO”	564
TABLA 8.23. EPISODIOS D16_M A D17_M: VECTOR ÁREA EN UNA SUPERFICIE ABIERTA NO PLANA	566
TABLA 8.24. EPISODIOS D18_M A D20_M: VECTOR ÁREA EN UNA SUPERFICIE ABIERTA NO PLANA	569
TABLA 8.25. EPISODIOS D21_M A D23_M. LEY DE GAUSS. FLUJO DE UNA CARGA PUNTUAL.....	571

TABLA 8.26. EPISODIOS D24_M A D27_M. LEY DE GAUSS. FLUJO DE UNA CARGA PUNTUAL.....	574
TABLA 8.27 EPISODIOS D27_M A D31_M, EL DIPOLO Y LA INTERPRETACIÓN DE LA LEY DE GAUSS.....	578
TABLA 8.28. MONTSE Y LA DIMENSIÓN DIDÁCTICA DE LA HISTORIA APLICATIVA	582
TABLA 8.29A. LA HISTORIA DE MONTSE DESCRITA DESDE LA ARGUMENTACIÓN Y LOS ESCENARIOS:	590
TABLA 8.29B. LA HISTORIA DE MONTSE DESCRITA DESDE LA ARGUMENTACIÓN Y LOS ESCENARIOS:	597
TABLA 8.30A. ESQUEMA DE ESCENARIOS Y ARGUMENTOS EN LA HISTORIA DE MONTSE [D01_M, D30_M]	600
TABLA 8.30B. ESQUEMA DE ESCENARIOS Y ARGUMENTOS EN LA HISTORIA DE MONTSE.	601
TABLA 8.31A. PUESTA EN ESCENA DE MONTSE. FLUJO ELÉCTRICO: REPRESENTACIÓN DE DOS RÍOS.	603
TABLA 8.31B. PUESTA EN ESCENA DE MONTSE. FLUJO ELÉCTRICO: REPRESENTACIÓN DEL PLANO.	604
TABLA 8.31C. PUESTA EN ESCENA DE MONTSE. FLUJO PARA SUPERFICIE NO PLANA Y SUPERFICIE GAUSSEANA.	605
TABLA 8.31D. PUESTA EN ESCENA. EJEMPLO. FLUJO A TRAVÉS DE UNA ESFERA QUE ENCIERRA UNA CARGA PUNTUAL....	606
TABLA 8.31E. PUESTA EN ESCENA DE MONTSE. LEY DE GAUSS Y EL DIPOLO.....	607
TABLA 8.32. MODOS COMUNICATIVOS DE MONTSE EN. FLUJO ELÉCTRICO	610
TABLA 8.33A. MODOS COMUNICATIVOS DE MONTSE Y LEY DE GAUSS	615
TABLA 8.33B. MONTSE: MODOS COMUNICATIVOS. LEY DE GAUSS Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	619
TABLA 8.34. MONTSE Y LA INTERACCIÓN DE LOS MODOS COMUNICATIVOS	624
TABLA 8.35. EPISODIOS D01_L A D03_L. LAURA: PRESENTACIÓN DEL FLUJO ELÉCTRICO	628
TABLA 8.36. EPISODIOS D04_L- D06_L. LAURA: PRESENTACIÓN DEL VECTOR SUPERFICIE.	632
TABLA 8.37. EPISODIOS D07_L, D08_L. LA REPRESENTACIÓN CON OBJETOS EN EL AULA.	635
TABLA 8.38. EPISODIOS D09_L-D10_L. EL FLUJO ELÉCTRICO A TRAVÉS DE LA CARPETA.	639
TABLA 8.39 EPISODIOS D11_L-D12_L. EL FLUJO ELÉCTRICO A TRAVÉS DE LA CARPETA.	641
TABLA 8.40 FLUJO ELÉCTRICO Y EL PASO DE 3D A 2D DEL SISTEMA PLANO.	646
TABLA 8.41. EPISODIOS D16_L Y D17_L. LA SECUENCIA DEL PLANO INCLINADO.....	649
TABLA 8.42. EPISODIOS D18_L A D23_L. FLUJO EN CAMPO NO UNIFORME Y SUPERFICIE NO PLANA.	653
TABLA 8.43 FORMAS DE INTERVENCIÓN DE LA PROFESORA LAURA. DIMENSIÓN DIDÁCTICA	657
TABLA 8.44A. LA HISTORIA DE LAURA DESCRITA DESDE LA ARGUMENTACIÓN: FLUJO ELÉCTRICO [D01_L, D12_L]....	667
TABLA 8.44B. LA HISTORIA DE LAURA DESCRITA DESDE LA ARGUMENTACIÓN: [D13_L, D22_L] FLUJO ELÉCTRICO.....	671
TABLA 8.45. ESQUEMA DE ESCENARIOS Y ARGUMENTOS EN LA HISTORIA DE LAURA.	673
TABLA 8.46A. PUESTA EN ESCENA DE LAURA. FLUJO ELÉCTRICO, DIBUJO DEL PLANO Y USO DE LA CARPETA.	675
TABLA 8.46B. PUESTA EN ESCENA DE LAURA. PLANO INCLINADO Y SUPERFICIE NO PLANA.	676
TABLA 8.47. MODOS COMUNICATIVOS DE LAURA. FLUJO ELÉCTRICO.....	684
TABLA 8.48. LAURA Y LA INTERACCIÓN DE LOS MODOS COMUNICATIVOS	687
9. RESULTADOS FINALES DE LA INVESTIGACIÓN	691
TABLA 9.1A. COMPARANDO LAS FORMAS DIDÁCTICAS DE INTERVENCIÓN EN LOS TRES PROFESORES. CATEGORÍA 1.	694
TABLA 9.1B. COMPARANDO LAS FORMAS DIDÁCTICAS DE INTERVENCIÓN EN LOS TRES PROFESORES. CATEGORÍA 2.	701
TABLA 9.1C. COMPARANDO LAS FORMAS DIDÁCTICAS DE INTERVENCIÓN EN LOS TRES PROFESORES. CATEGORÍA 3.	706
TABLA 9.1D. COMPARANDO LAS FORMAS DIDÁCTICAS DE INTERVENCIÓN EN LOS TRES PROFESORES. CATEGORÍA 4.	711
TABLA 9.2. ARGUMENTOS ENCONTRADOS EN LAS HISTORIAS ESTUDIADAS.....	715
TABLA 9.3A) COMPARACIÓN ENTRE PROFESORES. TESIS UTILIZADAS EN LA HISTORIA: FLUJO ELÉCTRICO	718
TABLA 9.3B) COMPARACIÓN ENTRE PROFESORES. TESIS UTILIZADAS EN LA HISTORIA: FLUJO ELÉCTRICO	720
TABLA 9.4 COMPARACIÓN ENTRE PROFESORES. TESIS UTILIZADAS EN LA HISTORIA: LEY DE GAUSS	722
TABLA 9.5. ESCENARIOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA HISTORIA.....	726
TABLA 9.6. COMPARACIÓN ENTRE ESCENARIOS CONSTRUIDOS POR LOS TRES PROFESORES.....	728
TABLA 9.7 MONTSE: “UNA GUERRA DE GREMLIS DE TANTAS FLECHITAS”. [B03_M].....	736
TABLA 9.8. ALGUNAS COLOCACIONES DE LOS PROFESORES OBSERVADAS EN EL AULA	740
TABLA 9.9. RESULTADOS MODO VERBAL: PREGUNTA CRÍTICA Y PAUSA.....	744
TABLA 9.10. RESULTADOS MODO GESTUAL: GESTOS NARRATIVOS Y CONCEPTUALES	746
TABLA 9.11. RESULTADOS MODO ESCRITURA -DESCRIPTIVA - MATEMÁTICA Y ENLACES	748
TABLA 9.12 RESULTADOS MODO DIBUJO	751
TABLA 9.13. TIPOS DE DIBUJOS OBSERVADOS.	752
TABLA 9.14. ORGANIZACIÓN EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA PIZARRA. EJEMPLOS.	761
TABLA 9.15 COMPARANDO LA INTERACCIÓN MULTIMODAL DEL PROFESOR PARA CONSTRUIR LA HISTORIA.	768
TABLA 9.16. PASOS REALIZADOS PARA OBTENER LA GRÁFICA DE TRAYECTORIA DE LA HISTORIA EXPLICATIVA.....	770

TABLA 9.17. RECURSOS QUE PUEDEN SERVIR COMO PLATAFORMA DIDÁCTICA O BASE DE TRABAJO PARA LOS APRENDICES,
PARA SER USADAS EN ESTRATEGIAS DE FORMACIÓN DOCENTE..... 777

10. CONCLUSIONES.....	779
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	807

El Discurso Multimodal del Profesor de Física Electromagnética en la Formación
de Estudiantes de Ingeniería. Universidad de Carabobo – Venezuela.

Naykiavick Rangel (nrangel@uc.edu.ve; nayrangel@gmail.com)

Profesora Titular. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Venezuela.

Doctorado: Didàctica de les Ciències, les Llengües, les Arts i les Humanitats. Facultat

d'Educació. Àrea: Didàctica de les Matemàtiques i de les

Ciències Experimentals. Universitat de Barcelona. Catalunya. España.

RESUMEN

Esta Tesis se inscribe en las líneas de investigación: didáctica de las ciencias experimentales, enseñanza de la física, análisis del discurso, y multimodalidad. Tiene como objetivo caracterizar la construcción de la historia explicativa analizando la actuación del profesor de Física en el aula, con la finalidad de conocer aspectos significativos que intervienen desde las perspectivas dimensionales: socio-didáctico-comunicativos, retórico-argumentativos y multimodal. Se añade un segundo nivel de análisis o dimensión T que contempla la representación gráfica de la dinámica en el aula durante el desarrollo de la historia explicativa.

Es una investigación cualitativa del tipo estudio de caso, realizada en la Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela; donde se analizan las explicaciones en Electrostática vídeo grabadas de tres profesores. Está motivada por la búsqueda de lineamientos teóricos, materiales y herramientas didácticas para realizar planes de formación docente con pertinencia en su área de enseñanza. El diseño de la investigación se elabora para mostrar: a) la complejidad de la actuación docente b) la triangulación de dimensiones de análisis, c) técnicas gráfico-descriptivo del hacer docente desde diferentes perspectivas y diversa granularidad, y d) elementos característicos de las historias explicativas, extraídos en su contexto, útiles para el diseño de actividades de formación didáctica específica para la mejora de la práctica docente.

Los criterios de diseño y la metodología de la investigación, favorecen la obtención de resultados que se relacionan con un mayor conocimiento de lo que sucede en el aula, identificación de elementos característicos de las historias explicativas, características del discurso que se genera en diversas situaciones, diferencias y similitudes entre ellos, aspectos que llaman la atención y provocan la discusión en su contexto de enseñanza. Adicionalmente, ofrecen nuevos recursos y herramientas didácticas que en conjunto son potenciales generadores

para la preparación de actividades en contextos similares. Entre otros: a) el diseño visual del informe final tal que puede ser leído por un profesor de ciencias, y puede servir como material de referencia para otras investigaciones, b) las historias explicativas o unidades didácticas, c) las tablas de categorías desde tres dimensiones: didáctico-social-comunicativo, retórico-argumentativo y multimodal, cuya función es ordenar el proceso reflexivo hacia la escritura descriptiva d) Las categorías de la dimensión multimodal, resultado de un proceso recursivo, y el diseño del *tablero-modal*, soporte visual para caracterizar la historia explicativa desde los modos comunicativos, e) representaciones visuales (tipo fotogramas o dibujos) desde la actuación teatral, con escenarios y puesta en escena para describir elementos didáctico-retórico-argumentativos-multimodal de la historia que, no han sido usadas hasta ahora a nivel universitario, f) la “*gráfica de trayectoria de la historia explicativa*”, que representa la generación / resolución de tensiones cognitivas y comunicativas a lo largo del tiempo, g) el *esquema de barras modales* que describe la interacción de los modos comunicativos.

El análisis del discurso multimodal en el aula aplicado en este estudio, es de gran relevancia académica ya que ofrece recursos y herramientas didácticas que integran teorías de diferentes campos de conocimiento que amplían la didáctica de las ciencias y que son útiles para la caracterización de la actuación del profesor. Se presentan nuevos aportes para la línea de enseñanza de las ciencias a nivel de educación superior y universitaria, ya que no existen muchas investigaciones en esta área. Se desarrollaron herramientas y técnicas didácticas de aplicación de análisis discursivo centrado en el docente, que en conjunto son potenciales generadores de elementos que puedan ser aplicados para la preparación de actividades hacia la mejora educativa del profesor de física para ingeniería o contextos similares. Para la comunidad donde se realiza la investigación, se realiza la labor docente del profesor de física y la relevancia a la labor que realizan en las aulas, y su dedicación a los estudiantes de ingeniería.

Palabras Claves: Análisis del Discurso, Didáctica de la Física, Enseñanza en Ingeniería, Explicaciones del profesor, Física Electromagnética, Argumentación y Retórica, Discurso Multimodal, Trayectoria de tensiones comunicativas, gráfica de interacción multimodal, formación del profesorado.

**Electromagnetic Physics Professor` Multimodal Discourse for engineering
student's education. University of Carabobo – Venezuela.**

Naykiavick Rangel (nrangel@uc.edu.ve; nayrangel@gmail.com)

Titular Professor. Engineering School. University of Carabobo. Venezuela.

PhD program: Didactics of Sciences, Languages, Arts and Humanities. Education Faculty.

Research line: Didactics of Mathematics and
Experimental sciences. University of Barcelona. Catalunya. Spain

ABSTRACT

This research participates of several research lines as Didactics of experimental science, Physics teaching, Discourse analysis, and Multimodality. The general objective of this Thesis is to characterize the explanation story construction` Physics lecturers by analyzing their performance in the classroom, in order to find from the socio-didactic-communicative, rhetorical-argumentative and multimodal frameworks, significative characteristics of these explanations. This is a qualitative research, case-based study. It is analytic, descriptive and interpretive, aiming to capture processes and their development. The study carried out in Venezuela, at Engineering School - University of Carabobo, using the recording of discourses of three professors in their Electromagnetic Physics classes. This thesis heads towards to find theoretical and analytical frames, materials and didactic tools to materialize relevant teacher training plans, focused on their specific pedagogical knowledge.

Research design favorize to show a) complexity of teaching performance b) the triangulation of dimensions' analysis used, c) the graphic-descriptive techniques of the lecturer performance from different perspectives and granularities, and more, d) characteristic elements of explanation stories, inferred from its specific educational context, useful for the design of specific teacher training activities for the improvement of teaching practices.

The design criteria and research methodology ease, as a result, the production of a greater knowledge of what happens in the classroom, the identification of characteristic elements of explanation stories, how speech is generated in diverse situations, differences and similarities among them, relevant aspects that promote discussion of teachings in their context. Furthermore, it offers new resources and didactic tools that together are potential generators to materialize activities in similar contexts.

Multimodal discourse analysis in the classroom contributes with ideas, resources and didactical tools for activity design toward improvement of lecturer's teaching competencies. Among other: a) a visually stimulating format for this thesis, which can be read easily by a science teacher, and serve as reference material for other researches, b) the explanatory stories or didactical units, c) the categories tables from all of three dimensions: didactic-social-communicative, rhetorical-argumentative and multimodal, the function of which is to order the reflective process towards descriptive writing d) the "Modal Panel", visual support to characterize the explanatory story from the communicative modes, e) diagrams presented from the theatrical performance point of view, using scenarios and staging to describe didactic-rhetorical-argumentative-multimodal elements of story that have not been used in similar university-level-researches, f) the "Explanatory Story Trajectory Graph", which represents the generation / resolution of cognitive and communicative tensions over time, g) the "Modal Bar Graph" that describes the communicative modes interaction. To reach these results a new dimension T. was added that contemplates the graphic representation of classroom dynamics during the explanatory story development.

In fact, new contributions are presented for research in scientific teaching at higher education and university level, taking into account that there is little research in this area. Didactic tools and techniques were developed for the application of discursive analysis focused on the lecturer, which combined are potential generators of elements that can be applied for the preparation of educational improvement activities of the physics lecturer for engineering or similar contexts. Furthermore, for the engineering community where the research was carried out, the teaching work of physics lecturers and the relevance of the work they do in the classrooms, and their dedication to their students, are highlighted.

Keywords: Discourse analysis, Didactics of Physics, Engineering teaching, Teacher' explanations, Electromagnetic Physics, Argumentation & Rhetoric, Multimodal discourse, Communicative tensions' trajectory, Multimodal interactions, Teacher training, modal panel.

Introducción

La presente Tesis da cuenta de una investigación realizada en el marco del Doctorado de Didàctica de les Ciències, les Llengües, les Arts i les Humanitats desarrollado en la Facultat d'Educació de la Universitat de Barcelona. El mismo se inscribe en las líneas de investigación de didáctica de las ciencias experimentales, la enseñanza de la física, el análisis del discurso, y la multimodalidad en el aula. Es una investigación cualitativa, basada en un estudio de casos, que analiza la actuación de tres profesores en sus clases de Física electromagnética, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo en Venezuela; con el fin de identificar desde las perspectivas teóricas, elementos característicos que describan el desarrollo de la historia explicativa. Esta investigación está motivada por la búsqueda de lineamientos teóricos, materiales y herramientas didácticas que puedan contribuir al diseño de talleres de formación de profesores en este contexto y similares. Para tal fin, se tomaron ciertos criterios en el diseño de la investigación para seleccionar o construir historias explicativas (unidades didácticas) que puedan ser de alguna forma potenciales generadores para la preparación de actividades de formación de profesores, adaptadas al contexto de enseñanza donde se apliquen. La investigación se organiza en diez capítulos.

En el primer capítulo se presenta el contexto educativo que motiva la investigación, una breve conceptualización de las bases teóricas que rigen la investigación, se plantea la necesidad de la investigación, el *planteamiento del problema* que lleva a la pregunta de investigación y a la propuesta de los *objetivos* del estudio.

En el segundo capítulo se expone el *marco teórico*, el cual involucra a los antecedentes de la investigación y los referentes teóricos sobre el análisis del discurso en general y el discurso en clases de ciencias enfocado en la argumentación destinada a convencer, la multimodalidad en el aula, y la visión didáctica comunicativa de la explicación en clases de ciencias; y que en conjunto forman la plataforma fundamental sobre la que se elabora la investigación. A partir de

este marco teórico múltiple, se concretan las tres dimensiones para los análisis que guían la elaboración de las categorías principales de análisis que sirven de inicio para la construcción de las historias explicativas o “unidades didácticas”, y después los análisis correspondientes, de acuerdo a los objetivos planteados en relación a cada dimensión.

En el tercer capítulo se presenta la *metodología de la investigación* compuesta por: la perspectiva metodológica, el contexto de la investigación, el tipo de investigación, el diseño metodológico, el diseño del marco analítico y la descripción del proceso de análisis; se presenta el proceso seguido para la creación del conjunto de datos que finalmente se analizaron y que estructuraron la data final, la etapa de transcripción multimodal. Se utilizaron niveles de análisis en el tiempo, para reconstruir la evolución de la explicación en relación con las categorías de análisis, utilizando tres escalas de tiempo: macro, meso y micro.

En el capítulo 4, se presenta el *proceso de categorización*, completando el capítulo anterior del diseño de la investigación, e involucra la descripción de las categorías que definen cada dimensión de análisis. Se concretaron las categorías del marco analítico tomando como referencia una estructura con cuatro dimensiones, tres de ellas forman la plataforma fundamental de la investigación y las que se han elaborado desde los inicios de la investigación: la visión didáctico-comunicativa, la retórica-argumentativa, y la multimodal. Más adelante, cuando ya avanzados los análisis, a las tres dimensiones antes mencionadas, se añade otra dimensión T a nivel superior, para describir el desarrollo de la historia explicativa, o de segmentos de la misma, del profesor de física en ingeniería a través de una representación gráfica desde varias perspectivas (interacción de argumentos, generación/resolución de tensiones e interacción multimodal).

En el capítulo 5, se presenta el *proceso de construcción de las historias explicativas* o “unidades didácticas” que fueron objeto de estudio, como resultado de los análisis macro de las explicaciones. El análisis se realizó en función de dos categorías iniciales de organización de la clase: el orden del contenido y el tiempo dedicado.

En los capítulos 6, 7, y 8 se presentan *los análisis y resultados de las explicaciones* a nivel meso micro. En el capítulo 6 se presenta el análisis de la unidad didáctica sobre *la carga eléctrica*, elaborada a partir de las historias explicativas de los tres profesores. El análisis se realizó principalmente desde la visión argumentativa, aunque la acompaña la visión multimodal. Se puede observar que diversos recursos multimodales cumplen funciones retórico-didácticas orientadas a la preparación de la audiencia y a la construcción de conocimiento científico.

En el capítulo 7, se presentan análisis y resultados obtenidos a partir de la unidad didáctica *líneas de campo eléctrico*, elaborada a partir de historias explicativas de los tres profesores, analizada principalmente desde la dimensión didáctico-comunicativa y de la multimodalidad. Este capítulo persigue desde el marco teórico, caracterizar la historia construida desde la visión didáctica – multimodal en una clase universitaria, y después hacer un análisis a un nivel superior (dimensión T) que lleve a la representación de la trayectoria de la generación/resolución de tensiones cognitivas y comunicativas, que muestra la dinámica y como se mueve la historia explicativa a lo largo del tiempo.

En el capítulo 8, se presentan *análisis y resultados, partiendo de tres unidades didácticas, una de cada profesor*, y que tienen en común el punto de partida para *el flujo eléctrico*. Las historias son analizadas desde todas las dimensiones: didáctica-comunicativa, retórica-argumentativa, la multimodal, y finalmente la dimensión T representacional de las historias explicativas para graficar usando un esquema de barras modales la interacción multimodal en el desarrollo de la historia en el tiempo; tal gráfica se elaboró a partir de los cambios e interacciones de modos comunicativos, pero también por otros criterios didácticos. Se presentan los resultados del análisis, que permitieron caracterizar al profesor de física desde las tres dimensiones en una clase universitaria, mostrar las historias analizadas desde las tablas de modos comunicativos, y de sus interacciones.

En el capítulo 9 se recogen los *resultados globales de la investigación*, tomando en cuenta el diseño de las unidades didácticas, el proceso de categorización, la comparación de los resultados para las historias, mostrando características comunes y diferencias entre las formas como explican sus historias los tres profesores. El interés en este capítulo, es a) caracterizar la historia construida desde el punto de vista retórico argumentativo, y multimodal en una clase universitaria de física, b) resaltar y valorar la complejidad y dificultad de la actuación del profesor como actor en diversos escenarios y c) ofrecer al docente o formador de profesores, herramientas técnicas y teóricas, así como casos ejemplares para formarlos en la mirada didáctica, retorico-argumentativa y multimodal de las explicaciones en clases universitarias de física. Finalmente, en el capítulo 10 se presentan las *conclusiones y recomendaciones* a modos de cierre con las actividades de investigación, con participación en congresos y publicaciones.

1. Planteamiento del problema

- ✚ En este capítulo se define el problema de la investigación, fundamentado en la búsqueda de elementos tomados del proceso de enseñanza en clases de física, que pueden aportar aspectos de interés para la formación de profesores en Ingeniería. El capítulo inicia con la descripción del contexto educativo de la investigación, el Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo en Valencia - Venezuela, el profesorado, la organización, la formación y la práctica docente. Se plantea la pregunta general de la investigación, las perspectivas teóricas en las que se fundamentará, el objetivo general, los objetivos parciales que se pretenden alcanzar y la relevancia del estudio. Se introduce al lector en la investigación, con la ayuda de esquemas ilustrativos que describen los puntos de partida del diseño y el planteamiento de la investigación.

1.1 Introducción

Esta investigación se centra en el profesor universitario de una facultad de ingeniería en su papel de docente de física. Es del conocimiento general que, en el ámbito docente, el profesorado universitario se forma y desarrolla a medida que adquiere un mayor conocimiento de la complejidad del proceso de enseñanza. Para ello debe unir: teoría y práctica, experiencia y reflexión, acción y pensamiento, tanto para su desarrollo personal como profesional. Si se considera que la función básica del profesor universitario es la comunicación y construcción de conocimientos científicos, así como de las bases de la metodología científica, y de cómo llevar a

cabo su aplicación en situaciones problemáticas; como docente, habrá de procurar que sus estudiantes además de la adquisición de conocimientos científicos, desarrollen aptitudes, destrezas o habilidades propias del campo profesional de la carrera universitaria específica, será principalmente a través de su discurso explicativo en clases o la gestión de otro tipo de actividades educativas que podrán ayudar a esta adquisición y desarrollo de sus alumnos.

El profesor universitario tal como Gros y Romañá (2004) señalan, en su desarrollo profesional se identifica inicialmente más como físico o ingeniero electricista, ingeniero industrial, ingeniero civil, etc., que como profesor. Este profesor principiante inicialmente se centra en el conocimiento de la asignatura a impartir, y está más preocupado por el contenido de la materia, la forma de organizar el contenido a enseñar y el diseño de actividades docentes para los estudiantes, que no por aspectos más propios del cómo enseñar, o sea de la pedagogía o de la didáctica, la dificultad para controlar los tiempos, el espacio, el cómo interactuar con los estudiantes para la dinamización de los grupos, etc. Con el tiempo, se va observando una progresiva separación del texto, del guion de la clase, dando paso a la preocupación sobre si realmente los estudiantes están aprendiendo y de cómo mejorar la dinámica de las clases. Así, el profesor en su acción docente va dejando a un lado la preocupación en sí mismo y empieza a tratar de conocer los efectos de sus acciones y actuaciones en los estudiantes.

En tal proceso de adaptación, que puede llevarse varios años, el docente novel debe aprender a desenvolverse dentro de un programa curricular, con tiempos definidos, con un vocabulario académico propio de la enseñanza de física (que es el caso que compete al presente estudio), con cierto dominio para apreciar lo que sucede en el aula, con conocimiento de las características y necesidades académicas de su alumnado, aprender a cooperar y compartir con el resto de docentes de su departamento, entre otros aspectos relevantes a la docencia. Aunado a todo lo antes mencionado, está un aspecto importante, y que tiene que ver con el aceptar que es necesario adoptar una posición reflexiva y autocrítica sobre su propia docencia, para saber en qué aspectos o puntos concretos será necesario actuar para mejorar progresivamente su enseñanza.

1.2 El contexto de la investigación

La investigación se desarrolla visto desde tres contextos como sigue: desde el investigativo en la línea del análisis del discurso y la formación del profesorado, desde el educativo del estudio de

la construcción de la historia explicativa del profesor de física universitaria en el aula y desde el contexto situado desde la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, en Venezuela.

1.2.1 La enseñanza de la física en la formación del estudiante de ingeniería.

La física se distingue de otras ciencias naturales por su alto nivel de abstracción, idealización y predominante rol de las matemáticas y de otros lenguajes de representación para su elaboración y comunicación. Un supuesto básico entre algunas tendencias de la epistemología de la ciencia (y en concreto de la física) es que la naturaleza se piensa como inherentemente organizada y que este orden de la naturaleza parece ser esencialmente accesible a los humanos (Einstein e Infeld, 1939). Estas características hacen de la física un conocimiento necesario para la preparación en estudios universitarios en ciencia y tecnología, y la introducción a prácticas científicas avanzadas la hace imprescindible para la formación del estudiante de ingeniería. Sin embargo, un grado tan alto de descontextualización, abstracción, idealización y matematización en la física, tal como se suele presentar a los estudiantes universitarios, es una de las principales razones de la dificultad que presenta para muchos estudiantes de los primeros semestres de la carrera.

La física básica universitaria, adicionalmente al conocimiento científico que aporta, tiene la función de servir como soporte para alfabetizar y disciplinar al estudiante en la forma de comunicarse dentro de la comunidad de ingeniería, por el uso de su lenguaje combinado: gráfico, simbólico, matemático entre otros (para ver ejemplos de estudios en enseñanza sobre física universitaria pueden referirse Volkwyn, Airey, Gregorcic y Linder, 2020; Airey y Linder, 2009; Fagúndez 2005, 2006). En la enseñanza de la física, los conceptos científicos se presentan de diferentes formas, a través del uso de gráficas, de ecuaciones, con ejemplos cotidianos, con representaciones corporales, y diversas acciones en el aula. Visto desde afuera, el concepto científico se puede definir con sólo unas pocas líneas del apartado correspondiente en un libro de texto; sin embargo, existe una distancia muy grande entre esa idea, y el lograr que el estudiante comprenda su significado y lo demuestre en la resolución de problemas o respondiendo a interrogantes propuestos en el aula o en las evaluaciones, o en la comprensión de las prácticas de laboratorio que acostumbran a realizar.

La actividad comunicativa es inherente en la educación, porque en todo proceso de aprendizaje existe la interacción y retroalimentación entre los participantes del proceso, de modo que se aprende siempre en una situación de interacción social, por ejemplo, situaciones entre maestro y alumno (Vygotsky, 1978; Scott, 1998). Si se dirige la atención a la actividad de la explicación

magistral en una clase de ciencias, se puede decir que es una actividad de comunicación que se ha de entender en un sentido amplio como una actividad constructora de conocimiento, que exterioriza el pensamiento y ayuda a formarlo. Desde el punto de vista de la semiótica, Lemke (1990, 1998) plantea en que no se puede limitar la enseñanza de los conceptos científicos a un solo lenguaje o en una única forma de representación, la enseñanza de la física va más allá de un despliegue de ecuaciones matemáticas. De cómo sea este proceso comunicativo ayudará o dificultará que se logre la creación de significados científicos compartidos por el profesor y los estudiantes.

Algunos expertos afirman que es difícil que los estudiantes puedan construir el conocimiento científico consensuado para interpretar fenómenos del mundo en la comunidad científica, y que el profesor (los expertos) ha de hacer llegar este conocimiento a los estudiantes. No solo eso, sino que en muchos casos los estudiantes no son capaces de identificar los “hechos científicos” en la naturaleza, de manera que el profesor sirve de guía al estudiante para que pueda mirar el mundo para encontrar “hechos científicos” e interpretarlos o “verlos” a la manera científica (Couso, Jiménez-Liso, Refojo y Sacristán, 2020; Harlen, 2015; Márquez, 2005; Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy, 1996).

Para pensar en mejorar la enseñanza en tal contexto, se debe ser consciente de lo que significa para los docentes, el proceso de enseñanza. Para ello a continuación, se presentan de forma resumida las ideas dadas por Lemke (2002) sobre la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva semiótica social, y que comparte esta investigación: Enseñar es un Dialogo es la construcción continua de la historia explicativa, ningún significado está completo en sí mismo, y cada intérprete encuentra una senda diferente a significar. El estudiante de ingeniería como futuro ingeniero, requiere desarrollar su capacidad de abstracción; es decir, la visualización y análisis de procesos que pudiesen estar o no contruidos; y la física, además de ofrecer la comprensión de los fenómenos de la naturaleza, puede contribuir a desarrollar las capacidades de abstracción del estudiante. Algunos estudiantes comprenden el significado de un gráfico antes del de una fórmula, otros la declaración verbal antes de la matemática, algunos sólo pueden tener el sentido de la demostración experimental cuando ellos también han visto que los resumen, y así sucesivamente. Es decir, **la multimodalidad es intrínseca en la ciencia y en particular en la física.**

En este trabajo se parte, por lo tanto, del supuesto que en el proceso de la enseñanza de la Física al igual que en la ingeniería, se comunican las ideas a través de la integración de los diferentes lenguajes y formas de representación posibles o modos comunicativos para facilitar al

estudiante la construcción de los significados de los conceptos científicos, por lo que se propone identificar y describir las características propias de la enseñanza de la física.

Además, se recopilan las aportaciones de un trabajo que aborda los elementos relacionados con las tendencias internacionales en la enseñanza de la ingeniería en la educación superior (Capote, Rizo y Bravo, 2016), en el que después de dar un repaso de la evolución en los estudios para la ingeniería, insiste en la concepción de la Ingeniería que es un área que surge para dar respuesta a una necesidad social, para resolver problemas de la sociedad, por lo que es de destacar la especificidad que ha de tener la formación de los futuros ingenieros, ya que como profesional habrá de transitar por diversos campos de actuación, como el diseño, la ejecución, la resolución de problemas prácticos con métodos científicos, etc., aspectos que deberían formar parte de los currículos universitarios de ingeniería.

1.2.2 El profesor de ingeniería

El profesor universitario de una Facultad de Ingeniería es un actor social que introduce al estudiante para formar parte de una comunidad profesional específica, efectivamente, los profesores de ingeniería son los encargados de comunicar y desarrollar en conjunto toda la carga de conocimientos, habilidades, valores, y perfiles de un especialista en el uso y aprovechamiento de los recursos y la tecnología, para el diseño e implementación de diversos sistemas: mecánicos, eléctricos, telecomunicaciones, industriales, obras civiles, alimentos, productos químicos, control de procesos, mantenimiento, gerencia y asesoría, según sea el área.

El profesor universitario de una facultad de ingeniería debe afrontar a nivel personal el desafío no sólo de ser un buen profesional en su área de enseñanza (físico, químico, ingeniero, entre otros) sino también de ser un buen profesional de la enseñanza en el área que imparte (Zabalza, 2016).

En el contexto venezolano, graduados y profesionales con muy buen potencial, ingresan en la Facultad sin una preparación para la enseñanza, ellos no cuentan con una formación en el área docente específica que les facilite la efectividad del proceso de enseñanza. Es decir, este profesorado universitario que trabaja en la institución formativa de grado superior, en su inmensa mayoría, no se han formado para ejercer esa función, ya que no han recibido formación pedagógica previa al desarrollo de dicha función docente.

1.2.3 Organización de la carrera de ingeniería en Venezuela

En el contexto latinoamericano, las carreras universitarias están organizadas en facultades que a su vez se estructuran en *escuelas* según la especialización de la carrera. Cada escuela organiza el programa curricular a través de áreas de conocimiento, asociadas a departamentos específicos en que se organizan las facultades. Cada departamento coordina a un conjunto de profesores y responde por varias cátedras. Las cátedras agrupan a las secciones de una misma materia o asignatura y los profesores en un período educativo pueden desempeñarse en una o más cátedras del departamento al cual están adscritos. Las cátedras se encargan de organizar, y coordinar el proceso docente. Esta estructura es la que se da como organización de las facultades de ingeniería en Venezuela.

En las facultades de ingeniería, aparte del conjunto de Escuelas según la especialización de la carrera (Escuela de Eléctrica, Escuela de Química, Escuela de Civil, entre otros), existe una *Escuela Básica* o *Unidad de Estudios Básicos*, organizada igualmente en departamentos y que agrupa las materias comunes en todas las ingenierías, que se imparten en los primeros semestres (ver figura 1.1). La labor del docente en los *Estudios Básicos* consiste en construir las bases de conocimiento, disciplina y metodología de trabajo de los nuevos estudiantes de ingeniería durante los primeros cuatro semestres de su carrera, que sirven de preparación para entrar a la siguiente etapa de formación especializada en sus respectivas escuelas (ver figura 1.1)

La unidad de Estudios Básicos se caracteriza por tener la mayor población estudiantil de la facultad, con edades comprendidas entre 17 y 22 años, ocupando una gran parte de la plantilla de profesores de la facultad. La etapa de básico se destaca por su nivel de dificultad para los estudiantes reflejado en los bajos rendimientos y un alto grado de estudiantes reprobados o aplazados en los cursos; principalmente en las materias pertenecientes a los departamentos de Matemáticas y Física. Esta constatación hace evidente la importancia de la labor del docente de esta Unidad. En el área de Estudios Básicos, se encuentra adscrito el Departamento de Física, que se encarga de organizar la enseñanza de esta materia en seis cátedras: cuatro cátedras que abarcan la Física Teórica (mecánica, electro-magnetismo, termodinámica, y teoría moderna y ondas), y dos Cátedras de Laboratorio de Física (con prácticas de física mecánica, electricidad y óptica).

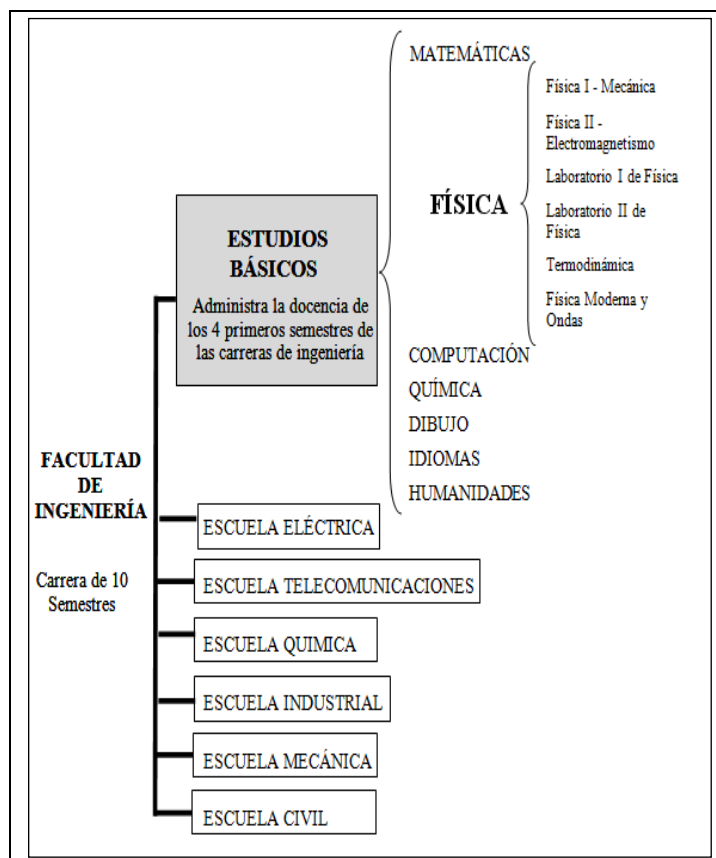


Figura 1.1 El Organigrama Académico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo-Venezuela.

1.2.4 La comprensión de la práctica docente

La investigación en enseñanza de las ciencias comprende la selección, la legitimación y la reconstrucción educativa de los temas que deben formar parte del aprendizaje, de la selección y justificación de los objetivos principales de la enseñanza y del aprendizaje y de una secuencia de enseñanza que tome en cuenta los antecedentes cognitivos, afectivos y sociales del que aprende. Otro ámbito de la enseñanza de las ciencias es el desarrollo basado en la investigación, así como la evaluación de los enfoques y de los materiales de enseñanza y aprendizaje. En el centro de esta explicación está la investigación sobre las situaciones reales de enseñanza y aprendizaje (Duit, 2007).

Shulman (1986) fue el primero en mencionar diferentes categorías de conocimiento profesional de los docentes, que han sido aplicadas en diversas áreas de la enseñanza y en la física (por ejemplo, en campo eléctrico está el trabajo de Reyes, Duván y Martínez, 2013). Actualmente

existe consenso sobre que el conocimiento profesional de los docentes comprende tres categorías principales: (1) conocimiento del contenido específico de la materia, (2) conocimiento del contenido pedagógico, así como (3) conocimiento pedagógico general. Estas categorías se pueden describir siguiendo a algunos autores como Neumann, Kind y Harms (2019) quienes hacen un recorrido hasta ahora de las conceptualizaciones del conocimiento de contenido pedagógico, más conocido por sus siglas en inglés PCK (*Pedagogical Content Knowledge*), o como Nitz, Nerdel y Prechtel (2010, 2014), en sus estudios para fomentar el uso del lenguaje científico (representaciones) en el aula de ciencias, como parte del conocimiento profesional, se clasifica en:

- *Conocimiento de contenido*. Es la comprensión profunda del dominio mismo y es una condición necesaria para enseñar una materia. El conocimiento del contenido del profesor también es importante en relación con el uso del lenguaje científico en clase. Las diferentes representaciones visuales, verbales o simbólicas de un tema pueden considerarse originalmente como materia.
- *Conocimiento de contenido pedagógico (PCK)*. Es el conocimiento de "formas de representar y formular el tema que lo haga comprensible para los demás" (Shulman, 1986, 9). En este estudio se tienen en cuenta tres aspectos cognitivos principales de PCK teóricamente derivados: (a) Conocimiento de la comprensión de los estudiantes en ciencias, que facilita la anticipación de las perspectivas de los estudiantes y la adaptación de la instrucción; (b) Conocimiento de las estrategias de instrucción en ciencias específicas y temas específicos. Las estrategias de instrucción específicas del tema se utilizan para enseñar un tema específico dentro del dominio. Este aspecto incluye el conocimiento de diferentes representaciones de temas de ciencias, así como sus ventajas y desventajas en el contexto de aprender un tema específico; (c) Conocimiento del currículo de ciencias, este componente es indicativo de la comprensión de los maestros sobre la importancia de un tema, les ayuda a organizar las lecciones de manera razonable y a centrarse en los conceptos básicos de la asignatura.
- *El conocimiento pedagógico* es el conocimiento general de cómo optimizar las situaciones de aprendizaje en el aula.

Actualmente se está de acuerdo con esta clasificación del conocimiento profesional que adquieren o requieren los docentes; llevado ahora a nivel de las aulas de física universitaria, para afirmar que el profesor, en la medida de su experiencia, construye los significados científicos en el aula a través de estos tres tipos de conocimientos que son dinámicos y cambiantes según la experiencia vivida y el hacer docente. En la Figura 1.2, se intenta

representar el hacer docente universitario, y puntos de partida para planes de formación centrados en la actuación del profesor y la reflexión de la práctica docente.

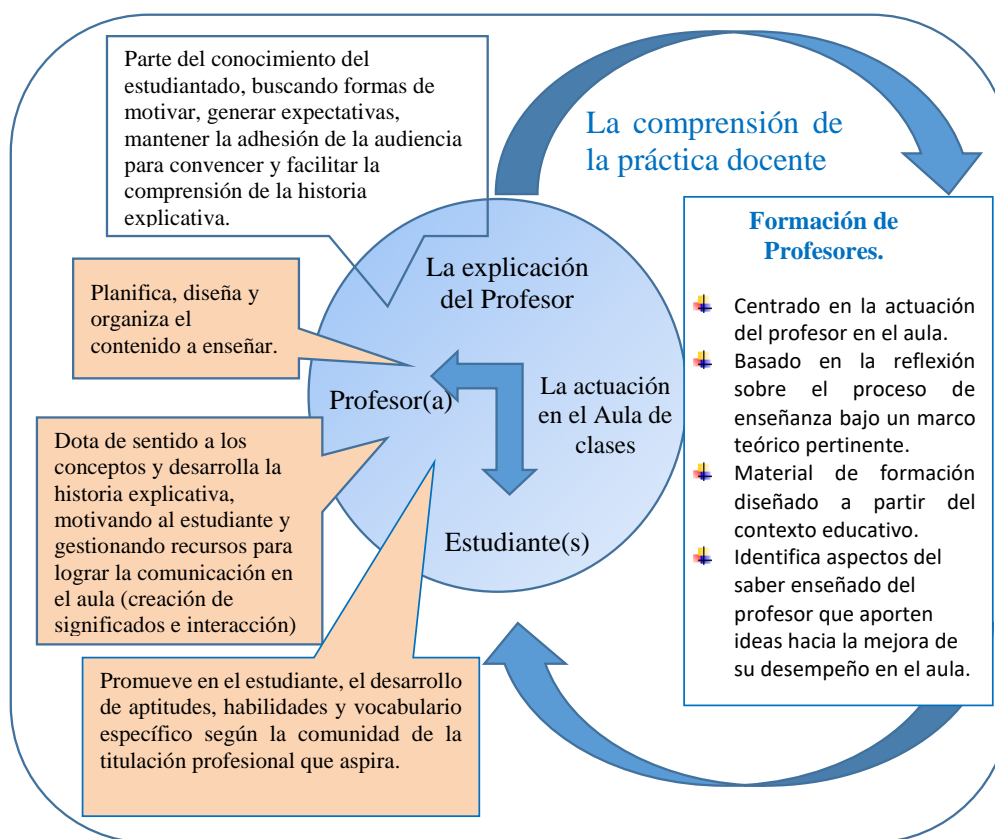


Figura 1.2. La enseñanza en el aula y la formación de profesores.

Fuente: Elaboración propia

Como comenta Shulman (2015) los docentes son profesionales, que al igual que otros profesionales, desarrollan un entendimiento tan especial y tan singular que merecen ser tratados como profesionales por la sociedad que los rodea, con respeto, con autonomía, y eso sí, con compensación. La enseñanza es un trabajo mental y físico exigente y difícil que solo pueden realizar los profesionales mejor educados y con mentores. El conocimiento pedagógico del contenido (PCK) es un atributo que los profesores desarrollan, y no se puede encontrar entre meros expertos en la materia. Destaca también que en cada una de estas profesiones se identifican lo que llaman *Pedagogías de Firma*, concepto atribuido a Shulman. Estos son modos de enseñanza específicos de la profesión asociados con esa profesión, que parecen encajar en lo que significa aprender a ser miembro de esa profesión, aprender a pensar como un abogado, aprender a actuar como una enfermera, aprender lo que significa pensar como un ingeniero que es diseñador. Una de las cosas fascinantes que ha surgido de ese trabajo sobre la pedagogía de la

firma fue que estas pedagogías de las profesiones son de hecho específicas de dominio. Todos los hábitos de la práctica técnica, las formas de pensar y los valores profesionales que aprenden confluyen en la formación de la identidad profesional. Cuando se piensa en lo que significa realmente aprender a ser un profesor de ciencias o un profesor de matemáticas, se reconoce que, para convertirse en un maestro de ciencias maduro, no solo se aprende a pensar de ciertas maneras y practicar de cierta manera, también implica desarrollar una identidad, un sentido de sí mismo, de personalidad, es decir, toda esa la noción de lo que constituye la identidad profesional de un excelente profesor de ciencias no debe ser ignorada. Al igual que Shulman se está de acuerdo en que la enseñanza lograda tiene que ser considerada contextualmente, lo que significa que tiene que ser específico al contenido, además el PCK es de dominio específico, al igual que es específico del nivel de desarrollo, con respecto a los estudiantes a los que se enseña.

Este conocimiento del contenido pedagógico, lo desarrolla el profesor en una especie de actuación en el plano social del aula, y esta actuación, o *puesta en escena*, es dirigida por el profesor que ha planificado el guion y toma la iniciativa en el movimiento entre las diversas lecciones que se desarrolla a lo largo del tiempo.

1.2.5 La enseñanza de la física en ingeniería

La enseñanza de la Física a nivel Básico en Ingeniería es fundamental para la formación del estudiante, entre otros aspectos en: a) la introducción al uso de la nomenclatura y el vocabulario científico, b) la construcción de la teoría que facilita el enlace entre las bases matemáticas y el análisis fenomenológico para la resolución de problemas en sistemas físicos; c) en los laboratorios se desarrollan las competencias en la experimentación, desarrollo de las destrezas necesarias para la misma, como destrezas motoras y la lectura y manejo adecuado de la instrumentación, así como las bases de la metodología científica, normas de seguridad, y el trabajo en equipo, fomentando la adquisición de una disciplina de trabajo en el estudiante.

La competencia general a desarrollar por las asignaturas de teoría impartidas en el Departamento de Física es que el estudiante sea capaz de:

- Analizar e interpretar en forma coherente los conceptos fundamentales de la Física para la resolución de problemas relacionados con la cotidianidad de los procesos humanos y de la naturaleza, vinculados al comportamiento de los fenómenos estudiados, utilizando para ello principios, leyes, lenguaje y estructuras dentro de la teoría, de acuerdo con los requerimientos propios de las necesidades y exigencias de la sociedad enmarcadas en el contexto de la ingeniería.
- Estudiar y presentar a los estudiantes aplicaciones en el campo de las ciencias y tecnología, así como en la vida moderna cotidiana.
- Utilizar un lenguaje verbal, escrito, matemático y gráfico que le permita comunicar los conocimientos dados como propios de la materia.

El profesor de física, por lo general es un profesional de la ingeniería o licenciado en física, quien tiene a su cargo la labor docente de dos o tres asignaturas teóricas diferentes, y de los laboratorios relacionados con ellas. Por cada materia, el profesor debe realizar ciertas actividades que, poco a poco, se espera le ayuden en su proceso de aprendizaje para mejorar su práctica docente. Entre las actividades académicas del profesor, se encuentran:

- a) *El proceso de enseñanza a los estudiantes en las aulas.* Realizando las explicaciones científicas, atendiendo y dirigiendo las intervenciones de los estudiantes, y la evaluación en aula (intervenciones, talleres, evaluaciones cortas, etc.);
- b) *La atención a las dudas del estudiante fuera del aula.* Realizada como consultas individuales o grupales, de forma presencial o remota. Adicionalmente se encuentra atender el derecho a revisión del examen de cada estudiante;
- c) *La actividad individual del profesor.* Preparación de clases, corrección de exámenes, diseño de material de soporte al estudiante, diseño de cronograma de clases, diseño de las evaluaciones;
- d) *La interacción con el profesorado de la cátedra.* Discusión de exámenes, casos particulares de estudio, realización de exámenes por grupo. Aquí vale la pena resaltar una estrategia muy importante y utilizada en las cátedras para facilitar la gerencia de las materias básicas y con alta población estudiantil, y es el “examen de cátedra”. El examen de cátedra es una forma de evaluación donde todas las secciones de una materia presentan al mismo tiempo, con el mismo instrumento de evaluación, instrumento que ha sido preparado, discutido y aprobado por los miembros docentes que imparten esa materia.

Todo este conjunto de actividades, sumadas y realimentadas en el tiempo, se espera que formen al docente de ingeniería. Este proceso de crecimiento profesional en la enseñanza es lento, requiere tiempo, y muchas veces se observa que el profesor de ingeniería luego que ha madurado profesionalmente en la enseñanza, se jubila y ese conocimiento adquirido se pierde, no tiene realimentación hacia el profesor de recién ingreso. Es como si cada profesor creciera de manera aislada y lo aprendido por otros profesores no se comunicase. Y el ciclo se repite, cada profesor con su carga inicial de conocimiento y su percepción de la enseñanza, va reinventando nuevamente todo, para formar su propio aprendizaje en ese camino de ser docente. Es necesario crear estos puentes que enlacen la experiencia docente de los profesores y sea disponible para facilitar la formación del profesor de recién ingreso.

Se hace necesaria la formación del profesor en la docencia, sobre su área de conocimiento, para lo que se vislumbran dos caminos: a) el natural, pero lento, que le viene dado por el propio hacer docente que le dará la experiencia con los años, y b) desarrollar actividades de formación, que se espera que dinamicen y orienten el aprendizaje natural.

1.3 Perspectivas teóricas que orientan la investigación

Con el fin de obtener el conocimiento y caracterizar la actuación del profesor en el aula, se planteó conjugar tres perspectivas que se relacionan con el campo del análisis de las explicaciones: la multimodal, la retórico-argumentativa y la socio-didáctica-comunicativa. A continuación, se presenta una breve introducción de las tres perspectivas.

1.3.1 La construcción de la historia científica en el enfoque social-didáctico-comunicativo

Scott (1998) presenta el concepto de “*enseñanza narrativa*”, quien luego le da una estructura analítica mayor en su trabajo en Mórtimer y Scott (2003), el cual tiene como objetivo proporcionar una estructura teórica general que reconoce el hecho de que la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el aula acontecen *en una línea de tiempo durante la cual el docente, a través de sus intervenciones discursivas, guía a los estudiantes en el aprendizaje de*

la perspectiva científica. Cutrera y Stipcich (2016) en sus estudios de enseñanza y estrategias discursivas, lo presenta de forma esquemática, la narrativa de la enseñanza incluye diferentes formas de intervención didáctica dirigidas por el profesor hacia el logro de propósitos específicos (Ej. dar forma a las ideas, seleccionar ideas y destacar ideas.), el aspecto central de la enseñanza narrativa es la presentación de la historia científica en el plano social del aula para promover la construcción de los conocimientos científicos.

Para analizar los procesos comunicativos en la construcción de significado desde la visión sociocultural del aprendizaje, de cómo el discurso social da origen al desarrollo del funcionamiento mental de los individuos y en la enseñanza - aprendizaje del profesor, se tomó el modelo teórico y analítico presentado por Mórtimer y Scott (2003) quienes, analizan cómo se desarrolla el relato científico a través de secuencias de clases hasta construir una unidad didáctica, considerando la enseñanza como un proceso dialógico. Este modelo se orienta a capturar y caracterizar el habla de ciencia en la escuela de secundaria, que se ve como en cinco aspectos enlazados, tomando en cuenta el rol del profesor al hacer disponible la historia/narración científica, y en dar soporte a los estudiantes para dar sentido a esta narración.

El modelo de Mórtimer recoge mucho de las aportaciones desde la semiótica de Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy (2002/1996) con el libro *Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria*, que recoge una investigación cualitativa sobre las explicaciones de profesores de secundaria de ciencias, que ha sido un punto que hace cambiar la mirada sobre la actuación de los profesores visto desde la retórica del aula, de cómo manejan las diferencias sobre puntos de vistas o *tensiones* en los estudiantes, que crean la necesidad de la explicación. Estos autores se refieren a la explicación como un relato, una especie de historia, de fenómenos naturales familiares expresados en términos de las ideas y convenciones del lenguaje social de la ciencia escolar.

Tal base didáctica inicialmente orientada a estudiar las explicaciones en clases de secundaria tomando dinámicas con los estudiantes, pero con la visión retórica del aula y la clase como la construcción de una historia explicativa, proporcionó un marco atractivo para adaptarla a las clases universitarias.

1.3.2 Las explicaciones científicas desde la perspectiva retórico- argumentativa

El profesor ha de convencer a sus estudiantes con respecto a los significados científicos que va construyendo en la clase. Los ha de hacer “creíbles” a sus estudiantes, para que puedan hacerlos suyos y, por lo tanto, el conocer las estrategias retóricas que usa el profesor es un aspecto fundamental en esta investigación. Por lo tanto, tomando una orientación de análisis discursiva, se seleccionó un acercamiento que englobase aspectos retóricos.

La teoría principal para orientar el estudio es la presentada en el libro “El Tratado de la Argumentación. La Nueva Retórica” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 1958/2000). En este libro se presenta como propósito el estudiar las técnicas discursivas que permiten provocar o aumentar la adhesión de las mentes del público a las tesis (nuevas ideas, conceptos, leyes o teorías científicas, en este caso) que se les presentan para su aceptación. Al igual que Aristóteles, el discurso centra su atención en el conocimiento del auditorio, a quien se dirigen las técnicas de persuasión; se considera que el encontrar el modo más adecuado para hacerse entender implica conocer y comprender a la audiencia, la adecuación del discurso a su destinatario procurando su “participación” en el mismo, es decir, establecer un buen clima comunicativo con la audiencia concreta.

1.3.3 La Multimodalidad en el discurso explicativo en clases de Ciencias

La ciencia no se hace, no se comunica, solo a través del lenguaje verbal. Los "conceptos" de la ciencia no son conceptos verbales, aunque tienen componentes verbales. Son híbridos semióticos, simultánea y esencialmente verbal-tipológicos y matemática-gráfica-operativa-topológica. Para hacer ciencia, hablar ciencia, leer y escribir ciencia es necesario hacer malabarismos y combinar de manera canónica el discurso verbal, la expresión matemática, la representación gráfica-visual y las operaciones motoras en el mundo "natural" (incluido lo humano-como-natural) (Lemke, 1998).

La comunicación humana, normalmente despliega los recursos de múltiples sistemas semióticos y los combina, de acuerdo con principios esencialmente funcionales para crear significado. La teoría social semiótica, esta interesada en el significado en todas sus formas, el significado se origina en ambientes sociales y en intracciones sociales. Esto hace que lo social se convierta en fuente, origen y generador de significado, de sentido, es decir, “lo social” es generador de

significado, de procesos y formas semióticas (Kress, 2010, p.54). La semiótica social pretende explicar cómo se construyen significados con todos los recursos a disposición: lingüísticos, pictóricos, gestuales, musicales, coreográficos y, en general, de acción (por ejemplo: Halliday, 1978; Kress y van Leeuwen, 1996 y 2001; Lemke, 1998). Pero nunca se crea significado con el lenguaje verbal por sí solo.

La multimodalidad se origina de la necesidad de estudiar cómo tipos diferentes de creación de significado se combinan en un todo integrado, multimodal. Si un "medio para crear significado" es una "modalidad" o "modo", como se le suele llamar (ver Kress, 2009), entonces se puede decir que el término "multimodalidad" es un reconocimiento del hecho de que las personas utilizan múltiples medios de creación de significado (Bezemer y Jewitt, 2018). Los diferentes recursos o modos de comunicación permiten crear una multiplicidad de significados siempre que esta comunidad educativa o profesional haya establecido convenciones sobre ellos, como leerlos o interpretarlos. El trabajo que sirve de referencia por su metodología de análisis y la visión didáctica, basado en la multimodalidad de la enseñanza y que aporta resultados aplicados a estudiantes de secundaria, es el trabajo de Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis (2001) *Multimodal teaching and learning: the rhetoric of the science classroom*, el cual presenta una visión retórico multimodal en el aula. Se identifican tres premisas claves de multimodalidad: a) el significado se hace utilizando diferentes modos semióticos, y cada uno de ellos ofrece potencialidades y limitaciones, b) la creación de significado implica la producción de totalidades multimodales; c) para estudiar la construcción de significado, se deben tomar en cuenta los modos semióticos que son usados para formar un todo completo.

1.3.4 La representación dinámica de la historia explicativa construida

En la ingeniería y ciencias afines, el diseño a través del pensamiento gráfico, es un recurso comúnmente utilizado, para ello se requiere desarrollar la capacidad de imaginar los conceptos e identidades, no sólo físicos sino abstractos; de apropiarse de las ideas y darles significado en conjunto, adaptado a sus condiciones y significados. Desde el estudio para caracterizar la actuación del profesor, se plantea la búsqueda de presentar el pensamiento gráfico del análisis, que de alguna manera dé cuenta del desarrollo de la historia explicativa. y que pueda servir de ejemplo de posibles actividades que muestren el proceso reflexivo. Dentro del pensamiento asistido por el dibujo, se tienen las gráficas, tablas, esquemas, en el trabajo de Cañas, Bayod, Velilla y De San Antonio (2008) los resume en el diagrama, y lo presenta como instrumento de diálogo; como monólogo del diseñador consigo mismo y diálogo con su grupo de trabajo o el

cliente; agrega: “como medio, el diagrama obedece a una doble función: es una forma de anotación, analítica y reflexiva que resume; pero también es un instrumento de pensamiento, de síntesis y de producción que crea, el diagrama juega un doble papel: es un modo de notación (de análisis, de reconocimiento y de reflexión) pero también es una máquina de acción (generativa, sintética y productiva), equivalente a diagnóstico y respuesta, o **mapa y trayectoria**” .

La transformación y el desarrollo de un concepto científico se vuelven disponibles para el análisis a través de la identificación de características de gestos y conjuntos de discursos que permiten seguir *el desarrollo de la narrativa en el tiempo*; es decir, permite identificar temas y significados a medida que se desarrollan y cambian durante las explicaciones.

En esta investigación interesa plasmar la trayectoria que sigue la historia explicativa, presentando el comportamiento a lo largo que se desarrolla la explicación, de forma gráfica, tomando esta representación (Ej. el diagrama, el gráfico o esquema) como herramienta visual conceptual, que puedan ser útiles para representar la construcción de la explicación del profesor, visto como una trayectoria de ideas, de estrategias que se desenvuelven en el tiempo.

La enseñanza y el aprendizaje son procesos que dependen del tiempo. El profesor en su explicación desarrolla sus ideas, da coherencia al contenido y desarrolla sus significados a medida que desarrolla la secuencia de enseñanza en el aula; y esta va construyéndose y evolucionando a lo largo del tiempo en el discurso del aula, a lo largo de las diversas sesiones de una secuencia; por lo que el tiempo es un parámetro importante en la enseñanza y el aprendizaje (Lemke, 2000). En la mayoría de los entornos didácticos, la presentación del conocimiento del contenido se organiza en secuencias que duran varias sesiones (Badreddine y Buty (2011), Tiberghien, Cross, Sensevy (2014) entre otros).

El profesor como *actor* crea en el *escenario* lo que posteriormente se convierten en entidades reales (afectivas, intelectuales) para toda la audiencia (teatral)) (Pantidos, Valakas, Vitoratos y Ravanis 2008). Además, debido a que en *escalas de tiempo más cortas* el discurso espontáneo proporciona recursos al hablante en relación con lo que se dice, hay un momento de imprevisibilidad con respecto a cuál será el próximo enunciado. Esto hace que el profesor no solo sea sujeto del desarrollo de las ideas y conceptos, sino que también esté sujeto al proceso comunicativo que se desarrolla.

La idea apropiada ver la clase como una historia científica construida por el profesor, lo que hace importante centrar el análisis en la actuación del profesor en el aula.

De hecho, la idea vygotskiana del drama permite pensar en un concepto o idea como una obra representada en varios actos, lo que constituye un drama que se desarrolla a lo largo de los días. El novelista y dramaturgo alemán Gustav Freytag, referenciado en ElShafie (2018), describió en 1863 por primera vez la historia de forma gráfica, siguiendo la narrativa de creación y control de tensiones, como un "arco dramático" que muestra una estructura de historia de cinco partes con tensión creciente y descendente con el tiempo. Como una obra de teatro, la actuación es un fenómeno cultural de principio a fin y no puede reducirse a la subjetividad individual del maestro. La extensión temporal viene con sus propios requisitos, ya que existe una demanda para garantizar la coherencia narrativa que se experimentará por parte del oyente. Por lo tanto, *la charla tipo conferencia no solo presenta nuevas ideas, sino que también proporciona los recursos para comprender y retener el hilo narrativo*. En la medida en que se pueda enseñar un tópico científico particular durante varias lecciones consecutivas, se espera que algunos de estos recursos en la unidad comunicativa se repitan no solo dentro de una lección sino también a través de diferentes lecciones (Pozzer y Roth, 2019).

1.4 Planteamiento del Problema

En los apartados anteriores se ha tratado de describir el contexto educativo del profesor de física en ingeniería y las opciones de formación que dispone al ingresar en la Universidad de Carabobo. Y si tal como se ha comentado, el ingeniero o licenciado en ciencias puras que ingresa para ser profesor de Física en Ingeniería, todo y que ha de seguir un programa de formación docente general, la formación que consigue no parece suficiente para cubrir las necesidades específicas de un nuevo profesor de una materia científica específica, como la física. Por lo que se hace necesario desarrollar una investigación que provea los puentes de conocimiento que hagan posible conectar el profesor con un plan de formación en el área y contexto educativo donde se desenvuelve; con bases en las teorías educativas y diseñado desde la reflexión de la acción en el aula.

A través de la exploración y la indagación en este proceso reflejado en la actuación del profesor se puede lograr la formación del profesor partiendo de la reflexión sobre la praxis educativa. Pero para lograr ese aprendizaje a través de “la comprensión de la práctica docente” se hace necesario de un soporte que sirva de intermediario y de andamiaje, que oriente la

sistematización para este nuevo aprendizaje y; lograr dentro del contexto educativo situado, respuestas a: ¿cuáles son esos aspectos propios de la enseñanza del profesor de física en el aula de ingeniería?, ¿de dónde obtener información sobre estas características?, ¿cómo obtener el conocimiento para describir la actuación del profesor que ocurre en el aula para facilitar el aprendizaje de física del estudiante de ingeniería?

La búsqueda de la respuesta a estas preguntas lleva al planteamiento de una investigación ligada al interés en la formación de profesores. Se supone que el estudio de los procesos docentes de profesores de Física experimentados puede aportar información relevante para ayudar a la formación de nuevos profesores.

En particular, interesa conocer acerca de cómo estos profesores transforman su conocimiento disciplinar y profesional en un conocimiento enseñable a estudiantes que llegan al curso con determinados conocimientos o ideas preconcebidas. Por lo tanto, pensando que analizar y describir el discurso del profesor universitario de Física puede ayudar a enriquecer el conocimiento sobre la actuación del docente en la escuela de Ingeniería para la creación de significados científicos, va a ser este interés el que delimita el *propósito de esta investigación*:

Caracterizar la actuación en el aula docente del profesor de Física, en una facultad de Ingeniería, con la finalidad de conocer aspectos significativos que intervienen en la construcción de sus explicaciones extraídos en su contexto de enseñanza de la Física de la Facultad de Ingeniería de Carabobo (Venezuela).



Propósito que se asocia a la finalidad de obtener elementos extraídos en su contexto para preparar actividades de formación didáctica específica para la mejora de la práctica docente del nuevo profesorado de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo (Venezuela). Así como disponer de referentes teóricos y herramientas didácticas que puedan servir de guía y útiles en este y otros contextos similares de enseñanza para actividades de formación para la mejora de la práctica docente.

En la figura 1.3 se muestra un esquema que muestra cómo se plantea la investigación a partir de las explicaciones de los profesores en sus clases de física, desde la historia construida y conjugando las perspectiva retórica-argumentativa (ARGUMENTATIVA), la socio-didáctica-comunicativa (DIDACTICA), la perspectiva visión multimodal (MULTIMODAL) que siempre está presente en las clases de física y por último la representación; todo con el propósito de caracterizar las explicaciones de los profesores de Física en ingeniería, y aportar de elementos para el diseño de material didáctico-situado, para la formación de profesores basado en el análisis de las explicaciones. Esta triple visión de las explicaciones de los profesores, contribuyeron en la formulación de las preguntas y objetivos específicos para orientar los análisis.

Cada clase constituye un discurso único que a su vez se encadena formando una unidad con el resto de las sesiones de un curso.

Desde la historia construida:

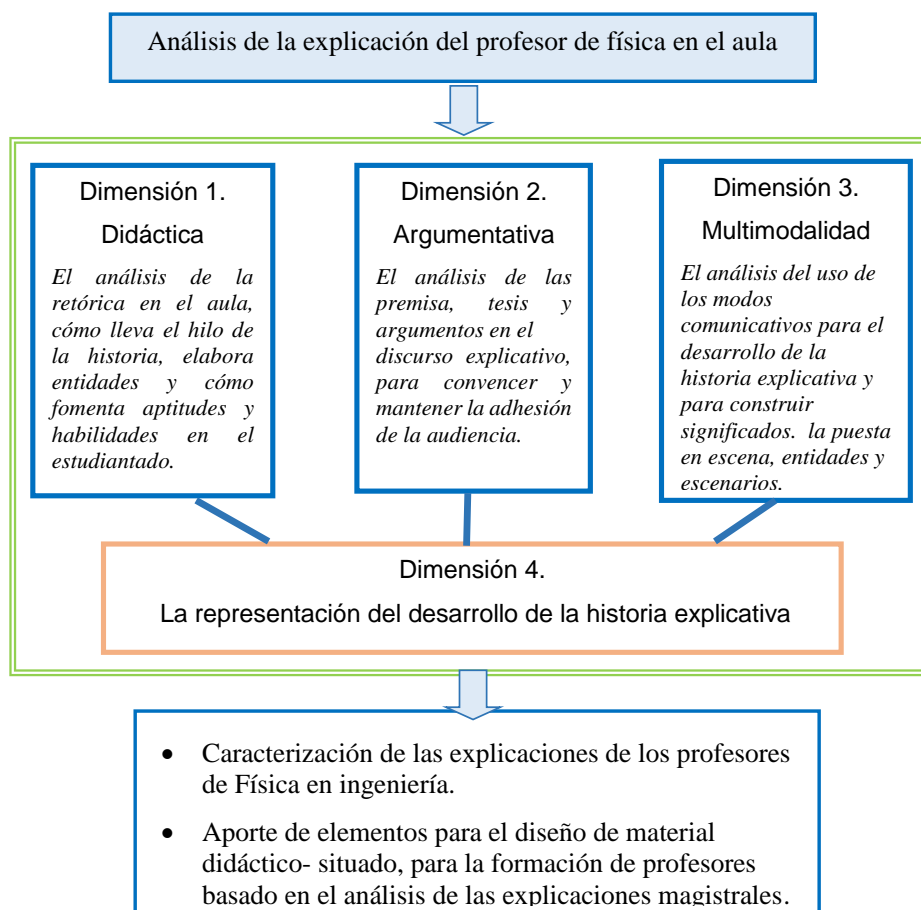


Figura 1.3. Perspectivas teóricas que orientan la investigación y su marco analítico.
Fuente. Elaboración Propia.

La pregunta general de la investigación

La pregunta general que se planteó en esta investigación, de acuerdo a la delimitación del problema de investigación es la siguiente:

¿Cuáles son las características de la historia explicativa del profesor tomando en cuenta las perspectivas social-didáctico-comunicativa, retorico-argumentativa y multimodal de su actuación en el aula de clases de física en electrostática, de una forma que implique los estudiantes y que sea convincente?

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo General

Caracterizar la construcción de la historia explicativa en el aula, analizando la actuación docente de tres profesores de Física en una facultad de ingeniería, con la finalidad de conocer aspectos significativos: didácticos, retóricos argumentativos y multimodal que intervienen. El diseño de la investigación pretende mostrar a) la complejidad de la actuación docente b) la triangulación de dimensiones de análisis, c) técnicas gráfico-descriptivo del hacer docente desde diferentes perspectivas y diversa granularidad, y d) elementos extraídos en su contexto; que puedan ser útiles en el diseño de actividades de formación didáctica específica para la mejora de la práctica docente.

1.5.2 Objetivos específicos

A. Desde la visión socio-didáctica-comunicativa del profesor, caracterizar los elementos didácticos utilizados por el profesor, para desarrollar su historia explicativa y construir conocimiento científico específico. Los objetivos didácticos específicos son:

- A-1. Identificar elementos característicos de las secuencias de las explicaciones de cada profesor según el orden temático y el tiempo.
- A-2. Construir las unidades didácticas (historias explicativas) para nuestro análisis a partir de criterios para la selección de segmentos explicativos de los profesores.

- A-3. Identificar y caracterizar las formas de intervención didáctica del profesor desde: a) la retórica de la enseñanza en el aula, b) mantener el hilo de la historia (destaca, ordena y refuerza significados), c) elaborar entidades, y d) promover aptitudes y habilidades propias de la ingeniería.
- A-4. Identificar similitudes y diferencias entre las explicaciones de los tres profesores, según las formas de intervención didáctica del profesor descritas en el objetivo A-3.

B. Desde la visión retórico argumentativa, caracterizar las explicaciones de los profesores, según los elementos retóricos-argumentativos presentes en la explicación del profesor para que la explicación sea consistente y convincente, que incluye los objetivos parciales:

- B-1. Identificar y describir los elementos retórico-argumentativos: tesis y premisas en las que se apoyan, tipos de premisas, la presencia y formas de presentar las premisas, argumentos y tipos de argumentos.
- B-2. Caracterizar la historia explicativa a partir de: a) los argumentos y técnicas discursivas usadas, y el orden en la explicación, b) la contribución de la multimodalidad en la construcción de argumentos en la historia, y c) la creación de la comunión entre profesor y auditorio.
- B-3. Caracterizar y describir las estructuras argumentativas o macro argumentos en el desarrollo de las tesis de la explicación, identificando los argumentos que los componen.
- B-4. Desde la perspectiva argumentativa, representar de forma esquemática o tabulada, historias o segmentos de historias explicativas, tal que describan la interacción de argumentos y su secuencialidad.
- B-5. Identificar similitudes y diferencias argumentativas entre las explicaciones de los tres profesores.

Los objetivos de la investigación se presentan tabulados en la tabla 1.1. organizados y distribuidos según las cuatro perspectivas.

Tabla 1.1. Objetivos de la investigación

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	
<p>Desde la didáctica social y comunicativa del profesor. <i>Caracterizar los elementos didácticos utilizados por el profesor en la explicación, para desarrollar su historia explicativa, a partir de:</i></p>	<p>A-1. Identificar elementos característicos de las secuencias de las explicaciones de cada profesor según el orden temático y el tiempo.</p> <p>A-2. Construir las unidades didácticas (historias explicativas) para nuestro análisis a partir de criterios para la selección de segmentos explicativos de los profesores según el contexto y los objetivos de la investigación.</p> <p>A-3. Identificar y caracterizar las formas de intervención didáctica del profesor desde: a) la retórica en el aula, b) mantener el hilo de la historia, c) elaborar entidades, y d) promover aptitudes y habilidades propias de la ingeniería.</p> <p>A-4. Identificar similitudes y diferencias entre las explicaciones de los tres profesores, según las formas de intervención didáctica del profesor descritas en el objetivo A-3.</p>
<p>Desde la perspectiva retórico- argumentativa. <i>Caracterizar las explicaciones de los profesores, según los elementos retóricos-argumentativos presentes en la explicación del profesor, a partir de la teoría de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000).</i></p>	<p>B-1. Identificar y describir los elementos retórico-argumentativos: tesis y premisas en las que se apoyan, tipos de premisas, la presencia y formas de presentar las premisas, argumentos y tipos de argumentos.</p> <p>B-2. Caracterizar la historia explicativa, o segmentos de ella, a partir de: a) los argumentos y técnicas discursivas usadas, y el orden en la explicación, b) la contribución de la multimodalidad en la construcción de argumentos en la historia, y c) la creación de la comunión entre profesor y auditorio.</p> <p>B-3. Caracterizar y describir las estructuras argumentativas o macro argumentos en el desarrollo de las tesis de la explicación, identificando los argumentos que los componen.</p> <p>B-4. Desde la perspectiva argumentativa, representar de forma esquemática o tabulada, historias o segmentos de historias explicativas, tal que describan la interacción de argumentos y su secuencialidad.</p> <p>B-5. Identificar similitudes y diferencias entre las explicaciones de los tres profesores.</p>
<p>Desde la visión multimodal. <i>Caracterizar los elementos multimodales utilizados por el profesor en la explicación, a lo largo del tiempo y/o del contenido específico, a partir de:</i></p>	<p>C-1. Describir de manera visual (gráfica y fotográfica) la actuación del profesor como una puesta en escena de la historia explicativa a medida que cambian los escenarios¹ a lo largo del tiempo.</p> <p>C-2. Identificar, siguiendo el orden de la historia explicativa, los modos comunicativos utilizados por el profesor y que caracterizan su actuación en el aula.</p> <p>C-3. Identificar y caracterizar la interacción de los modos comunicativos en la construcción de la explicación del profesor a lo largo de la historia científica.</p> <p>C-4. Identificar similitudes y diferencias entre los profesores, según las características multimodales, en el desarrollo de las historias científicas.</p>
<p>Desde la representación de la trayectoria explicativa de la historia y de la clase como un proceso en construcción. <i>Caracterizar la actuación del profesor, de forma esquemática o gráfica que muestre el desarrollo a lo largo del tiempo y/o del contenido específico, a partir de:</i></p>	<p>Desde la didáctica/retórica del aula.</p> <p>D-1. Identificar cómo el profesor interviene para mantener el desarrollo de la narrativa generando y resolviendo las tensiones cognitivas que van construyendo el desarrollo de la historia, tomando en cuenta su hacer didáctico y multimodal.</p> <p>D-2. Representar a través de una gráfica la historia explicativa, tal que describa la generación y resolución de tensiones, que la dinamizan.</p> <p>D-3. Identificar similitudes y diferencias entre las gráficas de tensiones de las explicaciones, según los propósitos de enseñanza.</p> <p>Desde los modos comunicativos.</p> <p>D-4. Representar la historia explicativa en función de la interacción entre los modos a través de un esquema de barras modales.</p>

Fuente: elaboración propia.

C. Desde la visión de los modos comunicativos usados en el aula, caracterizar los elementos multimodales utilizados por el profesor en la explicación, a lo largo del tiempo y/o del contenido específico, a partir de:

- C-1. Describir de manera visual (gráfica y fotográfica) la actuación del profesor como una puesta en escena de la historia explicativa a medida que cambian los escenarios a lo largo del tiempo.
- C-2. Identificar, siguiendo el orden de la historia explicativa, los modos comunicativos utilizados por el profesor y que caracterizan su actuación en el aula.
- C-3. Identificar y caracterizar la interacción de los modos comunicativos en la construcción de la explicación del profesor a lo largo de la historia científica.
- C-4. Identificar similitudes y diferencias entre los profesores, según las características multimodales, en el desarrollo de las historias científicas.

D. Desde la representación de la trayectoria narrativa de la dinámica explicativa, caracterizar la actuación del profesor, de forma esquemática o gráfica, que muestre el desarrollo a lo largo del tiempo y/o del contenido específico, a partir de:

- La interpretación gráfica de la acción didáctica/retórica del profesor en el aula.
 - D-1. Identificar cómo el profesor interviene para mantener el desarrollo de la explicación, generando y resolviendo las tensiones cognitivas que van construyendo el desarrollo de la historia, tomando en cuenta su hacer didáctico y multimodal.
 - D-2. Representar a través de una gráfica la historia explicativa, tal que describa la generación y resolución de tensiones que la dinamizan.
 - D-3. Identificar similitudes y diferencias entre las gráficas de tensiones de las explicaciones según los propósitos de enseñanza.
- La interpretación gráfica de la interacción multimodal en la historia explicativa.
 - D-4. Representar la historia explicativa en función de la interacción entre los modos comunicativos a través de un esquema de barras modales.

Este grupo D, está en la búsqueda de formas para representar cualitativamente, la información obtenida de la historia analizada; en base a la interpretación del investigador sobre la explicación del profesor de forma continua en el tiempo. En la tabla 1.1, se presentan organizados y distribuidos según las cuatro perspectivas, los objetivos de la investigación.

En la figura 1.4 se presenta el resumen del planteamiento de la investigación.

¿Cuál es el propósito de la investigación?

Caracterizar la actuación docente del profesor de Física en una facultad de ingeniería con la finalidad de conocer aspectos significativos que intervienen en la construcción de sus explicaciones magistrales.

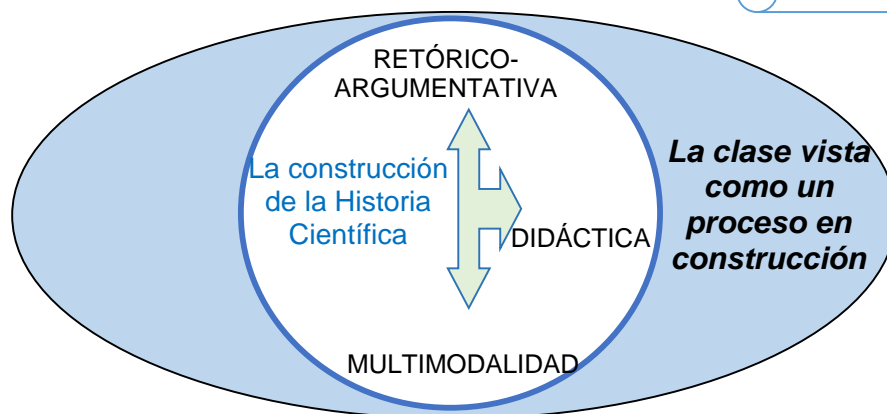
¿Cómo se concreta?

Se diseñan las categorías en las dimensiones de análisis y se construyen las unidades didácticas a partir del saber enseñado.

¿Cómo se hace?

A través del análisis de las historias explicativas de tres profesores en el aula de física.

¿Desde qué perspectivas?

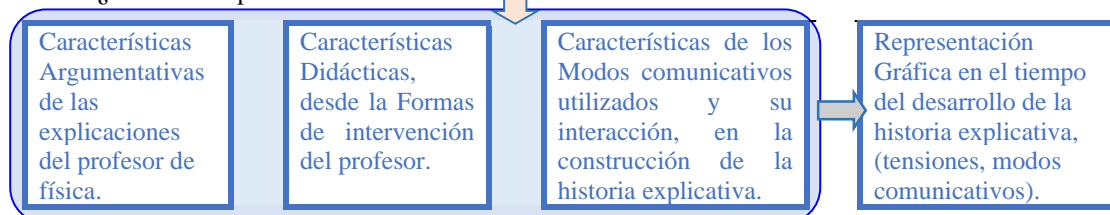


Cada clase constituye un discurso único que a su vez se encadena formando una unidad con otras sesiones del curso.

¿Con qué propósito?

Caracterizar aspectos de la acción realizada por el profesor de física en el proceso de enseñanza en el aula, para la construcción de significados, y la búsqueda de elementos para el diseño de talleres de formación del profesorado.

¿En cuáles aspectos?



¿Qué resultados obtener del estudio?

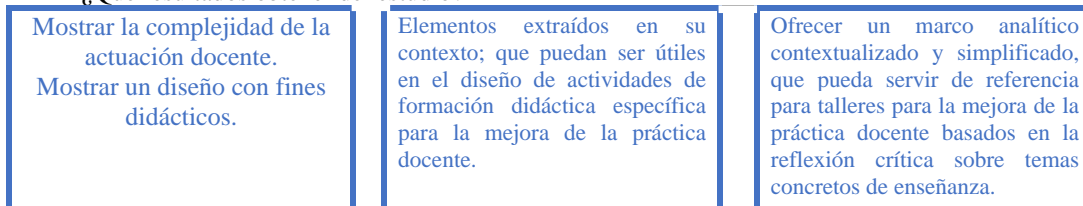


Figura 1.4. Planteamiento de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

1.6 La Relevancia de la Investigación

Se aporta información sobre el discurso del profesor desde la perspectiva retórica-argumentativa y social-didáctico-comunicativa de su actuación en el aula en un área temática específica, haciendo explícito el conocimiento pedagógico del profesor de física a través del análisis de su proceso de enseñanza en el aula tomando en cuenta el papel que juega el lenguaje no verbal, la imagen y los gestos, así como la utilización de objetos reales o imaginados para crear las entidades y las historias. Con este conocimiento, se llega a comprender el proceso de enseñanza uniendo tanto el contenido curricular con el contenido pedagógico, para diseñar herramientas basadas en el análisis retórico argumentativo y la multimodalidad, así como tomar en cuenta las características propias del contexto educativo, presentadas de forma tal que se facilite la comunicación entre los profesores y los formadores; y promueva el cuestionamiento de tópicos generales o referentes a su contexto de enseñanza que promueva la reflexión y la adaptación de estrategias sobre la propia práctica. Todo logro, todo nuevo conocimiento es válido si va dirigido hacia la mejora del proceso de enseñanza del profesor de ingeniería, ya que de esta manera se estará trabajando para facilitar la comprensión de los temas y esto se verá reflejado en la mejora del rendimiento del estudiante.

No existen muchas investigaciones a nivel universitario. La investigación presenta aportes para la línea de enseñanza de las ciencias a nivel de educación superior o universitaria.

- En el contexto de la investigación, desarrollar herramientas y técnicas de aplicación de análisis discursivo centrado en el docente,
- en el contexto de pertinencia docente, aportar elementos que puedan ser aplicados hacia la mejora educativa del profesor de física para ingeniería;
- en el contexto personal, reconocer la labor del docente.

Para la comunidad investigadora, el desarrollo sobre la línea de investigación de análisis del discurso centrado en el profesor universitario que, aun cuando hubo muchos aportes sobre profesores de secundaria, hay pocas publicaciones en el área universitaria y de la física aplicada en las carreras de ingeniería, y sobre todo recolectando información directa de los profesores en su hacer en las clases. Se valora el lograr establecer la confianza necesaria para que los profesores permitan que se les “invada” su espacio académico, y además ser grabadas; por lo que el aporte de los profesores que colaboraron en las explicaciones de esta investigación, le dan un valor especial.

Ofrece herramientas, y metodologías que pueden ser aplicadas. La investigación, dentro de la línea del análisis del discurso, es de gran relevancia académica ya que pretende encontrar una herramienta de análisis que integre teorías de diferentes ámbitos de aplicación que sea útil para el análisis de la actuación del profesor de una materia específica en el aula. La investigación toma en cuenta diversas perspectivas de análisis del discurso, algunas poco usadas en la enseñanza de la física (Ej. retórica argumentativa, los escenarios, la actuación teatral) que, combinadas con la perspectiva multimodal, no han sido usadas a nivel universitario. La investigación tomó criterios de representación y trabajó en el diseño visual, que podrían ser de utilidad como material de referencia para el diseño de otros trabajos.

La investigación parte de esa necesidad de transferir ese conocimiento pedagógico de contenido que tienen los profesores y del cual no son conscientes; y ofrece una metodología para extraer ese conocimiento de la actuación de los profesores en su contexto y transformarlo para identificar los elementos que puedan caracterizarse y ser utilizados en la formación de profesores. Por lo que esta investigación representa un aporte *para la comunidad educativa* que valora y reflexiona sobre la enseñanza de la física y su papel en la formación de los estudiantes de ingeniería, lleva a la búsqueda de elementos que lo caractericen y que les son propios, para el desarrollo de planes de formación específicos. Además, el diseño del informe ha sido pensando en que el trabajo de desarrollo pueda ser tomado y/o leído por un profesor de ciencias; se trató de expresar los análisis de forma visual, disminuyendo en lo posible la codificación que en investigación simplifica mucho, pero que dificulta la lectura a un docente o aprendiz. En la parte de implicaciones para la formación del profesorado, se resalta el interés de la investigación de trabajar sobre tres áreas que deben estar presente a la hora de diseñar planes de formación del profesorado: un marco teórico integrado y adaptado al contexto de enseñanza, la caracterización de la enseñanza, y el diseño de un formato amigable, de fácil comprensión, para plasmar casos del estudio; que pudieran ser útiles en el diseño de estrategias de formación a través del análisis del discurso, con la participación cooperativa y activa del profesorado participante.

Para la comunidad de ingeniería, donde se realiza la investigación se persigue realzar la labor docente del profesor de física y se espera darle relevancia a la labor que realiza en las aulas y su dedicación a los estudiantes de ingeniería, más aún en estos tiempos; reafirmar a la comunidad educativa venezolana lo importante de su contribución a la formación de nuevos profesionales, y en este caso específico del profesorado universitario de física de esta facultad que como dijo Shulman, aparte de ser profesionales, desarrollan un entendimiento especial y singular que merecen ser tratados como grandes profesionales por la sociedad que los rodea, con respeto, con autonomía, y eso sí, con compensación.

Se espera que, a través de planes futuros de formación basados en el trabajo en equipo de la comunidad docente, y utilizando como herramienta el análisis del discurso de los profesores en física, con una metodología de “reflexión crítica” se logre facilitar, desarrollar y mejorar el desempeño en las aulas de los profesores del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

En general, el análisis y la reflexión sobre el hacer docente en el aula, puede repercutir de forma positiva en la labor docente propia. Es necesario aumentar el conocimiento de lo que sucede en el aula, cuáles son las características del discurso que se genera en la situación de enseñanza-aprendizaje, cuáles las características que el discurso incluye (diferencias, similitudes, aspectos que llamen la atención y provoquen la discusión en su contexto de enseñanza), cuáles son los objetivos que se persiguen, etc. Sólo aumentando el conocimiento de esta situación, se podrán introducir cambios, en caso de que sean necesarios, para mejorar este trabajo.

2. Marco teórico

- ✚ En este capítulo se abordan los antecedentes de la investigación y los referentes teóricos sobre la teoría del análisis del discurso, el discurso en clases de ciencias, la multimodalidad en el aula, y la visión didáctica de la explicación en ciencias; todas ellas forman en su conjunto la plataforma sobre la que se elabora la investigación. A partir de esta teoría se seleccionaron las categorías que sirven de guía para el dimensionamiento de las unidades didácticas y el análisis de las historias explicativas.

2.1 Antecedentes

Para fundamentar la selección del enfoque metodológico, se realizó una mirada reflexiva sobre los marcos que guían la visión de la investigación, que se presentó en el capítulo 1 (figura 1.3 y 1.4), y que se describe a continuación.

En los siguientes apartados se proporciona una visión conceptual y presentando la terminología en el desarrollo de la investigación, con el objeto de fundamentar el estudio de las explicaciones del profesor como un proceso comunicativo, social, discursivo, semiótico de intercambio de conocimientos para la creación de significados que faciliten el aprendizaje del estudiante.

2.1.1 La formación a través de la reflexión sobre la praxis.

La función básica del profesor es la comunicación de conocimientos o de significados, y esto lo realiza a través de su discurso en el aula, y dado que el profesor, aunque con un excelente currículo, ingresa sin ninguna preparación docente, se hace necesaria su formación para lograr la comprensión de la importancia del discurso en su actividad docente. Se tiene entonces, un área importante de estudio para ayudar en el aprendizaje continuo del profesor, y esta área es el

discurso en el aula y el primer paso es saber cómo analizar el discurso de un profesor, para ello se dispone de la experiencia docente de los profesores y una forma de tomar su experiencia es analizando su discurso dentro del aula; pero ¿qué teoría seleccionar como base de inicio para el análisis del discurso?

Callejas, Vitalia, Nieto, Zegarra, y Villamizar (2001) en sus investigaciones sobre los estilos pedagógicos de los profesores universitarios de ciencias e ingeniería, a través del análisis de sus prácticas educativas, resaltan la necesidad de promover la reflexión pedagógica, de una toma de conciencia crítica sobre su práctica docente. En los estudios realizados en Ibero América acerca de las tendencias y fundamentos de la física universitaria (Molto, 2000) resalta como variable común la pasividad del estudiante, y el tipo de la clase del profesor mayormente expositiva por lo que recomienda trabajar en ella para lograr mejoras.

Investigaciones llevadas a cabo entre maestros revelan que el trabajo reflexivo sobre la propia práctica es un recurso básico para la formación de nuevos docentes, ya que involucra el pensar sobre las interrelaciones entre el contenido, su enseñanza y la valoración del aprendizaje (Mórtimer y Scott, 2003; Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy, 1996; Kress y Van Leeuwen, 2001), permitiéndoles a los nuevos profesores la oportunidad de ser sujetos de su propio cambio y cuestionar su propia práctica, contrastando con elementos teóricos y de reflexión, que puede llevar a estos profesores a construir una didáctica alternativa para responder a los nuevos enfoques.

Los estudios llevados a cabo en la línea de análisis del discurso buscan ayudar a que los maestros puedan verse reflejados en su propia práctica. A medida que los profesores sean conscientes de la naturaleza de su propia práctica, trabajando en conjunto, identificando ejemplos de diferentes formas discursivas, en diferentes contextos temáticos; podrán comenzar a desarrollar y extender el rango de géneros discursivos que ellos trabajan en el salón de clases (Mortimer y Scott, 2000). Y muchas de las investigaciones realizadas en la línea del análisis del discurso pretenden ayudar a que los profesores puedan reflejarse en su propia práctica.

2.1.2 La retórica en la argumentación científica en el aula de ciencias.

La retórica estructura los argumentos con fines persuasivos para un determinado auditorio, para conmover, persuadir, intervenir sobre los hombres. La retórica, arte de la persuasión por la palabra y ciencia general del discurso en la antigüedad, está presente también en la enseñanza. En esta línea, **desde la perspectiva retórica** se afirma que **el docente actúa en clase como un**

orador que, además de preparar con acierto el contenido de su discurso, debe estar atento a su actuación: tiene que mostrar una imagen atractiva para el destinatario, debe captar y mantener la atención del público, tiene que ilustrar los conceptos para facilitar su comprensión y debe motivar al esfuerzo (Reboul, 1994; en Castellá, Comelles, Cros y Vilá 2007, p37).

En la enseñanza de la física, los conceptos científicos se presentan de diferentes maneras por medio de gráficas, ecuaciones, con ejemplos cotidianos, con las representaciones del cuerpo, y con diversas acciones en el aula. Investigaciones (Martins, Mórtimer, Osborne, Tsatsarelis y Jiménez-Aleixandre, 2001; Osborne y Dushl, 2002), destacan la importancia de los recursos retóricos en la construcción de significados. Entre estos recursos retóricos que los profesores hacen servir se destacan las narraciones, las analogías, las metáforas y las demostraciones, entre otros. Tomando en cuenta lo anterior, se observa que la retórica ofrece un marco de estudio, adecuado para analizar lo que sucede en las clases de ciencias.

En un artículo presentado por Isabel Martins (2002) se presenta de forma fundamentada a través de otras investigaciones; que las discusiones sobre el papel de la retórica en la enseñanza de las Ciencias no son demasiado frecuentes, pero incluyen aspectos básicos, por ejemplo, desafíos a las concepciones de experimento y demostración como actividades de laboratorio (Millar, Leach y Osborne 2000), el papel fundamental de las metáforas en la construcción del vocabulario y las ideas científicas (Sutton, 1992) o el papel de las analogías en la argumentación científica y las consecuencias de este hecho para las aulas (Solomón, 1989 y 1992).

Los resultados de investigaciones realizadas sobre las explicaciones en las aulas de Ciencias (Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy, 1996) revelan cómo los profesores problematizan aspectos de contenido, exploran expectativas, capitalizan las sorpresas ante situaciones no intuitivas; introducen nuevas entidades (genes o electrones) o las reelaboran a partir de otras (masa y peso) en el discurso; recontextualizan las explicaciones a través de metáforas, analogías y narrativas; ponen el arsenal experimental “al servicio” de la teoría en demostraciones y experimentos. Al hacerlo, estos profesores sacan partido de varios recursos expresivos tales como gestos, imágenes, materiales concretos, etc., y hacen más que ofrecer relatos verbales, orales o escritos: ellos pretenden conseguir que sus estudiantes pasen a ver el mundo y su papel en él, desde otros puntos de vista.

Existen investigaciones que destacan la importancia de la argumentación en la construcción de significados (Osborne y Dushl, 2002), (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez y Dushl, 2000), y la comunicación en general (Ogborn et al, 1996) que comienza a verse como multimodal (Lemke,

1990, 2002). Son conocidos algunos de los trabajos que dirigió Driver sobre la argumentación (Driver, Newton y Osborne, 2000). Otras investigaciones sobre retórica y argumentación en las clases de ciencias han seguido (Jiménez M., 2001) aunque la mayoría de estas investigaciones se orientan sobre el estudio de la argumentación en el contexto de un debate o discusión sobre un tema que interesa en clase o sobre la forma de resolver un problema, pero muy pocas se orientan sobre las argumentaciones del profesor en el contexto de una explicación a todo el grupo de la clase, que es lo común en las clases universitarias.

2.1.3 Los modos comunicativos en la clase de física: verbo, imagen gesto y acción.

Desde la visión social multimodal, (Lemke, 1998) la comunicación humana, normalmente despliega los recursos de múltiples sistemas semióticos y los combina, de acuerdo con principios esencialmente funcionales. La comunicación científica en particular busca crear significados que desbordan los principios predominantemente tipológicos de la semántica lingüística y requieren su integración con las modalidades más topológicas de semiótica visual y su extensión a través de los recursos híbridos de las matemáticas cuantitativas.

La enseñanza y el aprendizaje son comunicación: son aspectos recíprocos de una relación. Aprender es el anverso de dar sentido. El aprendizaje es el resultado de un compromiso semiótico / conceptual / de significado con un aspecto del mundo; como resultado, los recursos semióticos / conceptuales del alumno para actuar en el mundo y dar sentido se modifican, se aumentan. Este aumento de la capacidad de un individuo es al mismo tiempo un cambio de identidad de la persona que ahora tiene diferentes capacidades para actuar, de cualquier manera, a través del conocimiento, como una herramienta para lidiar con los problemas en la vida de ese individuo (Kress, 2010, Cap9, p174).

Para pensar en mejorar la enseñanza, se debe ser conscientes de lo que significa para nosotros el proceso de enseñanza. Para ello, a continuación, se presenta de forma resumida las ideas dadas por Lemke (2002) sobre la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva semiótica social, y que se comparte en esta investigación: enseñar es un dialogo, ningún significado está completo en sí mismo, y cada intérprete encuentra una senda diferente a significar. Algunos estudiantes tienen sentido del gráfico antes de la fórmula, otros la declaración verbal antes de la matemática, algunos sólo pueden tener sentido de la demostración cuando ellos también han visto el diagrama, y así sucesivamente. A veces toda la información necesaria está simultáneamente presente en el aula; pero el saber de cada estudiante es diferente, y ninguno interpretará la información recibida en el aula exactamente de la misma manera.

Muchas veces no se tiene hoy toda la información que se necesita, sino que hay que recordar lo de ayer o lo de la semana o año pasado, o hay que recordar lo leído en el libro de texto, o el problema resuelto como tarea. Cada docente cree que es capaz de fabricar una explicación absolutamente clara que comprenda cada estudiante. Y cada docente sabe que esta creencia es equivocada, pero se hace el mejor esfuerzo para facilitar el aprendizaje a los estudiantes, a través de diversas estrategias multimodales para la creación de significados de los conceptos científicos manejados. Se está de acuerdo con Lemke (2002) en que no se puede limitar la enseñanza de los conceptos científicos a un solo lenguaje o en una única forma de representación, la enseñanza de la física va más allá de un despliegue de ecuaciones matemáticas. La enseñanza de las ciencias representa un proceso donde convergen diferentes lenguajes (verbal, matemático, corporal, gráfico, etc.) para la creación de significados científicos, que se necesita conocer para poder resolver problemas que muchas veces no pueden ser resueltos con uno sólo de ellos. En la enseñanza de la Física, se requiere la integración de estos distintos modos comunicativos. Y es nuestra tarea como docentes, presentar los conceptos en los diferentes lenguajes y formas de representación posibles, de una forma que facilite en el alumnado la creación de significado de estos conceptos. ¿Pero cómo identificar estas características propias de la enseñanza de la física?

Aunque inicialmente, la mayoría de los trabajos de investigación sobre análisis del discurso, se basan en el discurso oral o escrito, existen investigaciones donde se resalta la importancia, de otras modalidades para crear significados, donde estos significados se construyen a partir de los aportes de dos o más modalidades semióticas; por ejemplo: un texto verbal no puede construir el mismo significado que un dibujo, una gráfica matemática no puede crear el mismo significado que una ecuación matemática, ni una descripción verbal tiene el mismo sentido que realizar una acción (Lemke, 1998). El alumno en su proceso de aprendizaje, ha de interrelacionar los significados contruidos con estos diferentes modos.

Se parte de la visión del papel de la acción del profesor en la construcción de significados, como un proceso creativo, en pro de convencer a los alumnos de las explicaciones, leyes y valores de la física. Algunos investigadores reflexionan sobre las diferentes funciones de las imágenes en textos (Martins, 2002), (Otero, 2004) y (Kress y Van Leeuwen, 1996/2006), estos últimos elaboran toda una gramática del habla visual de los textos; mientras que tratan sobre el valor didáctico de la imagen, integrando lo visual y lo lingüístico en el aula (van Leeuwen y Jewitt, 2002) en las explicaciones de los profesores y en los textos elaborados por los alumnos (Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis, 2001), algunos autores reflexionan sobre la función de los dibujos

en la pizarra (Manghi y Cordova, 2011) y si son dimensionales (pizarra y libros) para representar esquemas tridimensionales (Soler, 2002).

La comunicación en sí misma consiste en un proceso multicanal en el que interactúan los modos acústico y visual de una manera única como significantes del mismo evento perceptivo (Pantidos, Valakas, Vitoratos y Ravani, 2008).

Los gestos constituyen otro sistema semiótico de gran relevancia en las situaciones de enseñanza de ciencias no solo naturales, sino también sociales, puesto que en ellos se apoyan los docentes para desarrollar el discurso científico (Roth, 2002). En el estudio de los gestos a nivel de secundaria se puede mencionar a Alshwaikh (2011) en su trabajo de investigación sobre “diagramas geométricos como representación y comunicación: un marco analítico funcional”, analiza la interacción gestual, verbal y los diagramas en las representaciones de los estudiantes en una tarea de geometría; y a los estudios de Givry y Pantidos (2012) en la clase de Física sobre el tema de la energía, analizaron los gestos tomando tres signos relevantes vinculados al discurso: el escenario, los objetos escénicos y los movimientos de todo el cuerpo humano.

2.2 La investigación en ciencias hacia la formación del profesorado

En la investigación sobre la educación en ciencias, se distinguen dos posiciones, la investigación básica en ciencias (que persigue profundizar en conocimiento sobre el tema y las técnicas de presentación, por ejemplo) y la investigación aplicada a la educación (que toma en cuenta los problemas educativos y busca el balance con las disciplinas de las ciencias). La investigación analítica sobre un contenido científico particular, a menudo realizada por educadores científicos orientados hacia la ciencia, proporciona una base esencial para la enseñanza y el aprendizaje del contenido. Otros se dirigen más a la ciencia académica, fusionando la investigación básica y la investigación aplicada, como la investigación basada en el diseño, como lo hacen Tiberghien y colaboradores (Tiberghien, Vince, Gaidioz, 2009) en el diseño de secuencias didácticas para la enseñanza de tópicos de física.

Gros (2007) destaca los principales objetivos de la *investigación basada en el diseño*, diferenciándola de una experimentación de corte clásico-positivista: a) no pretende controlar sino identificar las variables para caracterizar la situación, b) no tiene como objetivo la replicación de las implementaciones realizadas, sino la mejora del diseño implementado y la generación de pautas para la implementación de diseños educativos en situaciones con

condiciones similares y c) no está orientado a demostrar hipótesis sino al desarrollo de un perfil que caracterice el diseño en la práctica.

Duit en sus estudios, (Duit, 2007, 2007b; Duit, Schecker, Höttecke y Niedderer, 2014; y Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek y Parchmann, 2012), presenta una concepción de *la investigación en educación científica para mejorar la práctica escolar y los programas de formación docente*, propone como marco de trabajo, el modelo de reconstrucción educativa (MER model educational reconstruction) que se basa también en la fusión de la investigación básica y la investigación aplicada. Es un modelo para diseñar secuencias educativas de aprendizaje, donde el aspecto que guía el diseño es la problematización del contenido de instrucción. La estructura del contenido a enseñar es mucho más compleja que la del contenido científico

El modelo de reconstrucción educativa. El modelo ha sido desarrollado como un marco teórico para estudios sobre si vale la pena y es posible enseñar áreas de contenido específicas de la ciencia. La figura 2.1 muestra este modelo, formado por tres componentes, o líneas de investigación Couso (2011): (1) el proceso de clarificación y análisis del contenido de ciencias a enseñar, (2) la investigación empírica sobre la enseñanza y el aprendizaje en que deben basarse estos contenidos (concepciones, visiones, perspectivas de los aprendices), y (3) el proceso de construcción de la estructura del contenido para la instrucción (entornos de aprendizaje). Los tres componentes del MER no se siguen estrictamente entre sí, sino que se influyen mutuamente. En consecuencia, el procedimiento debe realizarse paso a paso de forma recursiva.

1. La clarificación del tema se basa en el análisis cualitativo del contenido de los principales libros de texto y publicaciones clave sobre el tema que se examina, también puede tener en cuenta su desarrollo histórico.
2. La investigación sobre enseñanza y aprendizaje, Este es, con mucho, el dominio de investigación más importante en la educación científica. Se emplea un amplio espectro de métodos que van desde la naturaleza cualitativa hasta la cuantitativa, incluidos cuestionarios, entrevistas y estudios del proceso de aprendizaje en entornos naturales. *Sin embargo, para una serie de temas nuevos y también tradicionales, hay poca o ninguna investigación disponible.* Este componente (la investigación sobre la enseñanza-aprendizaje) tiene estrecha relación con el proceso de reconstrucción educativa.

3. Diseño y evaluación de entornos de enseñanza y aprendizaje El tercer componente comprende el diseño de materiales didácticos, actividades de aprendizaje y secuencias de enseñanza y aprendizaje.

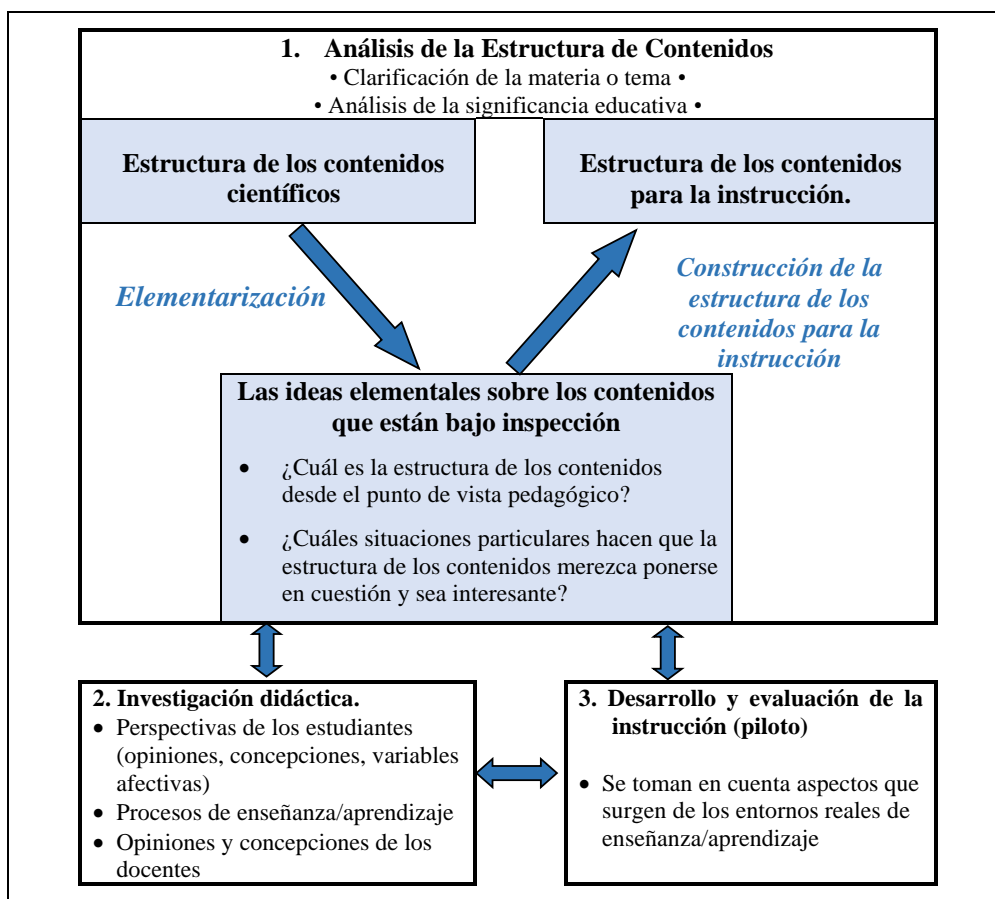


Figura 2.1. Pasos hacia una estructura de contenido para la instrucción. Modelo de reconstrucción educativa. Fuente: Duit (2007)

La idea clave de la reconstrucción educativa incluye la idea de que una determinada estructura de contenido científico debe transformarse en la estructura de contenido para la instrucción. Esto incluye dos procesos: a) la *elementarización* que conduce a las ideas elementales del contenido bajo inspección y descrito en Couso (2011) como desgranar cuáles son las ideas centrales o elementales del contenido concreto a enseñar; y b) la *construcción de la estructura del contenido para la instrucción*.

La estructura de contenido de ciencias para cierto tema no puede ser directamente transferida a la estructura de contenido para la instrucción. Este tiene que ser *elementarizado* para hacerlo accesible para los estudiantes; pero también enriquecido al colocarlo dentro de los contextos que tienen sentido o lo hacen significativo para los aprendices. La estructura del contenido de la instrucción tiene que ser mucho más compleja que la estructura del contenido científico, para satisfacer las necesidades de los alumnos. Por lo general, el procedimiento no es tan lineal, por lo general el procedimiento es recursivo, algo complicado para reconstruir una estructura de contenido adecuada para la instrucción.

El proceso de análisis principal denominado *elementarización* incluye tres pasos: a) identificar los elementos, es decir, las características elementales (fenómenos básicos, principios básicos, leyes generales), de un determinado contenido a enseñar, b) reducir la complejidad de un contenido científico particular de tal manera que se vuelva accesible a los estudiantes; se trata de encontrar una manera de presentar las características elementales del contenido que se ha construido, en la búsqueda de los elementos descritos en el paso anterior, y c) planificar los procesos de aprendizaje del estudiante como una serie de elementos de los métodos instruccionales que permiten orientar a los estudiantes desde sus concepciones iniciales hacia los conceptos científicos. Couso (2011) se refiere a la *elementarización*, señalando que el análisis incluye la caracterización de los contextos relevantes de aplicación del contenido, sus implicaciones sociales y éticas, su relación con otros contenidos que han de ser enseñados, su ejemplaridad como contenido y en resumen su relevancia para los estudiantes y la sociedad. La estructura de ideas centrales o elementales resultado de este proceso da lugar a la construcción de la estructura de contenidos para la instrucción

2.3 El análisis del discurso a través de Perelman

El discurso es el conjunto de enlaces que unen una representación con alguna forma de la realidad, con el fin de transmitir un significado; se puede hablar entonces del discurso científico, del discurso matemático como sucesivos intentos de representar la totalidad de la realidad que nos rodea (Roth, 2010; Sáez, 1999). El análisis del discurso nace de la necesidad de determinar cuál es el sentido que el orador le da cuando activa cualquier forma de expresión, cómo se construyen los significados en la audiencia y cuáles son las consecuencias derivadas de todo acto de comunicación en la conducta.

El emisor nunca tiene la certeza de conseguir que el receptor mire la misma realidad de la misma manera que él lo hace. Aparece entonces el segundo problema del análisis del discurso, la construcción del **significado**. *Wittgenstein* va a decir: los límites de mi lenguaje son los límites de mi mundo. La palabra en el discurso, adquiere el significado definitivo cuando la interpreta el receptor. Y finalmente, el análisis del discurso en sí, remite al problema de la **persuasión**. Todo discurso intenta persuadir de alguna cosa, aunque se limite a establecer cómo son las cosas. Todo emisor pretende alguna acción de sus receptores cuando se comunica, aunque sólo sea captar su atención.

Un discurso cumple una función retórica al construir una visión de la realidad, y de la vida; cuando es capaz de hacer saber o creer, de hacer cosas o ser de cierta manera, de querer o sentir, de valorar e interpretar el mundo de una cierta manera.

En la Antigüedad Clásica, Aristóteles, filósofo y maestro en la Atenas del siglo V a. de C., enseñaba a sus discípulos a analizar las distintas clases de discursos que podían ofrecerse a los diferentes auditorios de acuerdo con la ocasión. Según Aristóteles, el verdadero maestro debía ser capaz de ofrecer un discurso sobre el tema a un grupo de ciudadanos, otro sobre el mismo tema al juez en su foro y un tercero con ocasión de una ceremonia solemne. El objetivo de la retórica no es sólo persuadir sino reconocer los medios de convicción más pertinentes para cada caso; y por eso la define como la facultad de teorizar lo que es adecuado en cada caso para convencer. El orador debe poseer un status dado por la comunidad a quien dirige el discurso, b) conocimiento objetivo sobre lo que argumenta, c) con una presentación sin mala intención (no maligna ni falaz), d) capacidad de adaptabilidad al auditorio. El Auditorio, debe tener disposición a ser persuadido; es decir, a), debe tener predisposición a escuchar y b) reconocerse implicado y solidarizado con el orador.

A Aristóteles se debe el análisis de los factores que contribuyen a hacer persuasivo el discurso y también la separación de los componentes de la retórica en categorías, tipos de discurso, tipos de argumentación y tipos de auditorio. Su obra “Retórica” ofrece una clasificación de los oradores, de los discursos y de los diferentes efectos de éstos según la clase de auditorio (en Mortara, 2015). Con algunos retoques, las observaciones aristotélicas han perdurado hasta nuestros días y continúan siendo la base para la formación de las grandes categorías en que se agrupan los elementos del proceso de la comunicación

En la segunda mitad del siglo 20, ligada al surgimiento de los medios de comunicación como centro de conversación público, aparece la obra de Chaïm Perelman y su Tratado de la

Argumentación (1958/2000). Perelman, Autor de la expresión “Nueva retórica” propone retornar a la retórica los parámetros fijados por Aristóteles y reiniciar el trabajo de entenderla como una teoría de la argumentación y no como un arte de la ornamentación. Perelman toma de Aristóteles los géneros discursivos, los elementos del discurso como el orador, el discurso y el auditorio; y las técnicas de argumentación. *“El objeto de esta teoría es el estudio de las técnicas discursivas que permiten provocar o acrecentar la adhesión de los sujetos a las tesis que se les presenta para su asentimiento”* (Perelman y Olbrechts-Tyteca, 2000, p. 45).

Existen diversos trabajos realizados en diversas áreas, usando las aportaciones de la teoría de la argumentación de Perelman (Arenas, 1994; Capdevila, 2002; Corvellec y Rosengren, 2001/2003; López-Pan, 1993; Manassero, 1995 y Sánchez, 2000); también está incluida en programas de cursos sobre argumentación impartidos en algunos centros de educación superior (Tutescu, 2003); todos ellos aplicados al ámbito filosófico, sociológico o Jurídico. En el ámbito Lingüístico-pedagógico, se puede observar las teorías de la argumentación de Perelman, como punto de comparación con esquemas de clasificación del discurso (Cros, 2003).

La teoría de la argumentación y la enseñanza de la física. aporta un marco aplicable para el análisis del discurso en diferentes campos de conocimiento; incluyendo la enseñanza de las ciencias. En el ámbito de las ciencias experimentales se han realizado investigaciones para estudiar la acción del profesor en el aula para la construcción de significado científico dentro de la perspectiva argumentativa y/o multimodal. Entre los trabajos presentados que utilizan este marco argumentativo, en el área de la enseñanza se encuentran: Fagúndez (2005); Fagúndez (2006 tesis doctoral); Fagúndez, Castells (2007, 2012); Castells, Erduran y Konstantinidou (2010), Castells, Enciso, Cerveró López y Cabellos (2007), Konstantinidou, Castells y Cerveró (2010), Konstantinidou, Cerveró y Castells, (2010) y la investigadora lo ha presentado en trabajos anteriores: Rangel (2005), Rangel y Castells (2004a, 2004b; 2005, 2006, 2009, 2010a, 2010b, 2012, 2013a, 2013b), Fagúndez, Rangel y Castells (2011, 2013), Rangel, Castells y Castello (2017); donde se realiza el estudio y la reflexión sobre los elementos fundamentales y de gran utilidad para caracterizar el discurso. Fagúndez (2006) desarrolla un marco que combina la teoría de Perelman y la de Ogborn et al (1996), aplicado a la enseñanza de la física mecánica a nivel universitario, en este caso Ogborn aporta un modelo adaptado al estudio de las explicaciones en clases de ciencia; mientras Perelman incluye el estudio de las *figuras de retórica y argumentación*, Ogborn incorpora la noción de *lo material como portador de significados*.

2.3.1 El Tratado de la Argumentación de Perelman y Olbrechts-Tyteca

En este libro, se presenta como objetivo el estudiar las técnicas discursivas que permiten provocar o aumentar la adhesión de las mentes del público, a las tesis que se les presentan para su aceptación. Dicha teoría se ha construido en base al estudio de los discursos en los ámbitos judiciales y filosóficos. La nueva retórica estudia los medios de argumentación que no dependen de la lógica formal y un aspecto importante de esta Teoría es la gran importancia que atribuye a la consideración de la audiencia. La efectividad de la argumentación depende en gran parte de la capacidad del emisor para adecuarse al auditorio, es decir de su capacidad para realizar una serie de previsiones sobre el destinatario (sobre sus opiniones, sus conocimientos, sus objeciones, etc.) que le permitan conducirlo hacia su opinión.

La teoría de Perelman, presenta una reflexión sobre aspectos de gran utilidad para caracterizar el discurso, como son:

a) La Tesis. La tesis representa la idea principal del discurso, lo que lo dirige, y para ello se identifican las fuentes que lo fundamentan, y los argumentos del emisor para hacer válida la tesis (objetivo principal del discurso) y las mismas tesis o conclusiones; siendo importante la forma en que se suceden los argumentos, su orden, su expresión, su difusión y su incidencia en la audiencia.

b) Las premisas, formados por los *acuerdos* aceptados por el *auditorio* y que serán los puntos de partida de la argumentación. Perelman destaca especialmente la *presencia* que hay que dar a las premisas para incrementar su valor retórico o sean convincentes. Muchas páginas del libro se dedican a las premisas y a su grado de adaptación al discurso, reflejando la importancia que se le atribuye en toda argumentación.

c) Sobre las formas de presentar el discurso. Aquí se reflexiona sobre la prosodia, las formas verbales, las figuras retóricas usadas y las estrategias destinadas a lograr la comunión con el auditorio (ver también Graff y Winn, 2006); la presentación de datos consiste en una simple elección entre elementos previos, sino en una adecuación que explica, al menos parcialmente, el dinamismo del lenguaje y del pensamiento.

d) Las técnicas argumentativas, que se identifican interpretando las palabras del orador, analizando las estructuras de los argumentos de forma aislada. Distingue dos categorías fundamentales: de enlace (los argumentos cuasilógicos, los argumentos basados en la estructura de lo real y los enlaces que fundamentan la estructura de lo

real) y los de disociación (que separan lo real de lo aparente) que separan elementos, y cambia así sistemas y nociones.

e) La interacción de los argumentos; que corresponde a una visión del discurso a nivel más macro, puede distinguirse por la convergencia/dispersión y por el orden presentado. Estas interrelaciones pueden incrementar el grado de convicción del discurso.

2.3.2 Las premisas de la argumentación

El argumento más simple está compuesto de una premisa y una conclusión. Argumentar, en este sentido, es sinónimo de razonar, inferir, deducir, derivar, tomados estos términos en el sentido vago del lenguaje cotidiano. Todos ellos expresan la idea de crear vínculos entre algo y algo más, entre premisa(s) y conclusión(es). Así, argumentar, en este caso más simple, es crear el lazo entre dos (o más) proposiciones; lazo que generalmente consiste en mostrar cómo de la primera pasar a la segunda. Se suele llamar premisa a la primera y conclusión a la segunda (pero este simple nexos puede ser llamado causa-efecto, medio-fin, motivo-expresión, en el lenguaje cotidiano y axioma-teorema, antecedente-consecuente, en lenguajes formalizados.

Se argumenta, generalmente, porque algo no parece evidente. Y dado que el objetivo fundamental de la argumentación es conseguir que la adhesión que se concede a las premisas se pueda transmitir a la conclusión, la argumentación debe partir de algo que esté fuera de duda (para el orador, o para el interlocutor), así que normalmente se usa como premisa del argumento unos datos y creencias considerados evidentes, inobjtables, fuera de duda, o razonablemente aceptables. Perelman los llama ‘acuerdos sobre lo real’ y ‘acuerdos sobre lo preferible’. Para garantizar la eficacia de la argumentación, el orador debe usar como premisas aquellos ‘objetos de acuerdo’ que son aceptados por su auditorio.

2.3.3 El auditorio

Perelman define el auditorio, como el conjunto de personas a quienes el orador quiere influenciar con su argumentación (TA-55). Todo discurso está planeado según el auditorio, pues es él quien decidirá si tal discurso es convincente o no. Concibe *el auditorio como una construcción del orador* toda vez que se suele pensar en aquellos a los que se intenta persuadir y que constituyen el auditorio al que se dirige el discurso.

La construcción del auditorio. Amossy (2006) distingue tres fases elementales en la construcción del auditorio en el discurso: a) el modelo mental colectivo, o estereotipo que incluye el conjunto de características percibidas y presupuestas sobre la audiencia, b) la esquematización (proceso que retoma ciertas características del modelo mental colectivo con el fin de inscribirlas en el discurso) y c) la representación discursiva de aquel a quien se dirige, que será el producto de las ideas colectivas esquematizadas o puestas en discurso, vale decir, el rastro interpretable del lenguaje materializado verbal o escrituralmente (la “imagen verbal” producida en los enunciados del discurso).

En este sentido, la producción de un discurso se sitúa en una perspectiva dialógica vale decir, en función al interlocutor. La elaboración de un producto del lenguaje sin tener en cuenta a quien va dirigido se presenta como una posibilidad alejada, inadecuada y poco concebible en el discurso argumentativo, esto dado a que como individuos producimos acciones significativas con el fin primordial de que interpelen a las personas, sean interpretados por ellas e intenten influir en su pensamiento.

El modelo mental de auditorio que el orador activa durante la elaboración de un discurso argumentativo, está basado en la “doxa”, palabra griega que designa la opinión común (Amossy 2006), ya que el objetivo del productor de discurso (provocar la adhesión a las ideas expresadas) no se alcanza sino mediante una argumentación producida en base a creencias compartidas; lo que permitirán establecer puntos de acuerdo entre el orador y la audiencia; así, una construcción del auditorio expresada en formas estereotípicas comporta un acuerdo suficientemente amplio para desarrollar la argumentación.

El orador es la autoridad intelectual, es decir, se supone que posee conocimientos y competencia sobre el tema que trata, pero ha de mantener el interés del auditorio y adaptar su discurso a un público concreto a medida que transcurre la conferencia. Si según Perelman, todas las audiencias se construyen, entonces, sus puntos de vista de *lo real* y *lo preferible*, como imaginado por el orador, debe ser la base común inicial entre el orador y la audiencia: **los puntos de partida** de cualquier argumentación.

El profesor universitario representa al orador que es la autoridad intelectual, es decir, se supone que posee conocimientos y competencia sobre el tema que trata, pero ha de mantener el interés del auditorio y adaptar su discurso a un público concreto a medida que transcurre la conferencia. La clase en el aula, tiene un componente dialógico latente, ya que los profesores realizan una serie de previsiones orientados a adaptar el discurso a las necesidades de sus estudiantes, ya que,

si pretenden ser comprendidos y generar adhesión de los alumnos, han de tener en cuenta sus intereses, sus conocimientos de base y sus expectativas. Tal como Perelman recomienda, han de basar su discurso en el acuerdo o en la búsqueda del mismo.

En términos de retórica las explicaciones de los profesores tienen que ser convincentes y esto se logra primero con la *preparación de la audiencia al discurso*, luego con la adaptación y selección de la forma de presentar el discurso, que contribuirá a mantener la atención del estudiante durante su discurso. En su más amplia y "más fuerte" sentido social, *la comunión* es la fuente de acuerdos de relieve que unen una comunidad, es el reservorio de esos valores compartidos de los que se derivan las normas de razonabilidad (criterios, formas de razonamiento) y premisas para la argumentación que avanza posiblemente a tesis controversiales.

2.3.4 Acuerdos generales del auditorio.

Los acuerdos generales, o sobrentendidos, son aquellos que se admiten desde antes de iniciar el discurso, y aportan elementos supuestos socialmente, y que sirven para describir tanto al auditorio y al orador. Al formar parte de una institución estudiantil, en este caso la universidad, implica una serie de derechos y deberes, que forman un ambiente con ciertos comportamientos y reglas aceptadas y compartidas por toda la comunidad docente y estudiantil, influenciada fuertemente por la cultura. Estos definen los acuerdos propios del auditorio universitario, las observadas en esta experiencia y que resultan frecuentes en este medio universitario, son:

- *Existen aspectos contextuales de la clase universitaria.* La institución académica crea una comunidad intelectual en torno a cada disciplina (medicina, ciencias sociales, ciencias jurídicas, ingeniería entre otras) esa comunidad se constituye por la adhesión a un corpus de conocimiento que se encuentran estructurados en los programas curriculares de las carreras que integran a cada disciplina en cuestión.
- *Existen acuerdos tomados de los estudiantes.* La presencia de los estudiantes en las clases universitarias, ya es una demostración de su interés y de su adhesión al corpus de conocimiento que se les imparte. No es habitual, que los estudiantes pongan objeciones o susciten controversias acerca de las explicaciones profesoraes. Las presunciones del auditorio de aceptar como verdadero todo lo que el docente dice y que no existe razón para desconfiar; y de que la calidad del docente por su prestigio reconocido, ya asegura la calidad de su discurso. Se sobrentiende, que la modalidad de la clase del profesor universitario es la

enseñanza de tipo conferencia, acostumbrada; donde los alumnos esperan que el profesor sea el que actúe en el aula y lo diga todo y van dispuestos principalmente a escuchar y tomar apuntes.

- *El prestigio del profesor (orador)*, y el lenguaje utilizado: son elementos que están en constante interacción cuando se trata de conseguir la adhesión del alumnado. El profesor no sólo presenta el conocimiento adquirido sino también las habilidades académicas y de pensamiento que se han desarrollado, y además se exteriorizan las actitudes y los valores que se poseen.
- El orador está revestido por parte de la institución y de los mismos alumnos, de funciones que lo autorizan a tomar la palabra de un conocimiento supuesto. Entonces, se cumple una condición necesaria y previa a toda argumentación, y es que por su experiencia, el orador posee conocimiento de su auditorio, de aquellos cuya adhesión piensa obtener, y se observa en su discurso al tratar siempre de buscar la comunión de su auditorio (Graff y Winn, 2006).
- La presunción del profesor de asumir el interés del auditorio por su discurso y por absorber nuevos conocimientos. La presunción de que todos los conceptos dados anteriormente, ya están asimilados por el auditorio y, forman parte del conocimiento propio de cada uno de los alumnos que forman el auditorio.
- Existen valores arraigados como lo son: el respeto por parte del docente al alumnado, el respeto del alumnado hacia el profesor, valores de comportamientos propios de la cultura de su zona. El valor del profesor por ser quien va determinar, a través de una calificación, si poseen el nivel de conocimiento suficiente para aprobar la materia.

2.3.5 La Presencia.

Perelman y Olbrecht-Tyteca (1958) introduce la noción de "presencia". Es un elemento esencial en la argumentación, basada en la selección de los conceptos y la forma de presentarlos con el fin de persuadir y convencer al estudiante. El orador al seleccionar ciertos elementos y presentarlos al auditorio da una idea de su importancia y pertinencia en el debate. En efecto, semejante elección concede a estos elementos una **presencia**, que es un factor esencial en la argumentación. A la **presencia**, o al hecho de poner de manifiesto; se le atribuye el papel de permitir que ciertos elementos en la argumentación, sobre los cuales el orador desea llamar la atención, puedan ocupar el primer plano de la conciencia. No basta con que una cosa exista para sentir su presencia. Una de las preocupaciones del orador será darle presencia, mediante la magia del verbo o por otros modos comunicativos, a lo que está efectivamente ausente y que

considera como importante para su argumentación, o valorizarlos, haciéndolos más presentes en la conciencia.

Aunque inicialmente de naturaleza psicológica, **la presencia** se convierte en un elemento en el argumento, pues su principal efecto, es la construcción y reconstrucción de la realidad, que esperan compartir con su público, y afecta inevitablemente a la adhesión. Este tipo de presencia se relaciona con la construcción de significados y la multimodalidad en el aula (siendo los agentes más fuertes la imaginación y las emociones).

Otra derivación del concepto de *presencia* definido inicialmente por Perelman es el concepto de **presencia de segundo orden**. *La presencia de segundo orden*: concepto basado en la teoría de Perelman, introducido por Gross y Dearin (2003/2010), y utilizado por otros autores como Ruth Amossy (2006). Se refiere al efecto acumulativo de la presencia simple de elementos que producen un efecto mayor (sinergia). la presencia de Perelman y Olbrechts-Tyteca puede extenderse desde un efecto de primer orden a otro de segundo orden, que es de carácter global; la presencia puede abarcar todo el discurso. Se llama a esta **presencia de orden superior** (Gross y Dearin, 2003/2010, p137).

La presencia es un elemento esencial en la argumentación, basado en la selección de los conceptos y la forma de cómo presentarlos para lograr persuadir y convencer al estudiante. Antes de su actuación en el aula de clases, el profesor selecciona, organiza y clasifica el contenido a dar. Y, conscientemente o no, selecciona a su vez una gran variedad de medios retóricos para presentar este contenido a sus estudiantes. Al hacer esta selección con el fin de persuadir a su audiencia en particular, está utilizando la presencia desde el punto de vista metodológico. Se da presencia en la explicación al perseguir un efecto sobre el estudiante. (llamar su atención a la clase, recordar los nombres de variables, la ecuación matemática o, dibujar un sistema que recree una imagen en movimiento, recrear el imaginario en su mente, entre otros). Este tipo de presencia se relaciona con la construcción de significados y la multimodalidad en el aula.

Presencia y multimodalidad. Este tipo de presencia está relacionada con la construcción de significados y la multimodalidad en el aula. En su investigación Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis (2001) muestran las funciones retóricas de los objetos que median la acción en el aula, para dar "presencia" a la entidad conceptual, con la cual los estudiantes pueden ver nuevas características y cualidades que sean útiles en su construcción conceptual. Entre varios de los

recursos de presencia está: a) la demostración del imaginario, donde la identidad se hace presente al estudiante a través de la acción con el cuerpo que actúa como un signo retórico, y b) la demostración usando objetos físicos.

2.3.6 Las técnicas argumentativas

Las técnicas argumentativas son utilizadas con la finalidad de influir sobre los juicios, las opiniones y preferencias de la audiencia; la efectividad dependerá de la capacidad del profesor de adaptarse a la audiencia. Para conseguir la adhesión del auditorio el discurso debe basarse en la forma de los acuerdos para modificar las actitudes del destinatario, por lo que es importante partir de la comunión para convencer y persuadir de la tesis que se defiende (Cros, 2003). Los argumentos se clasifican en a) cuasilógicos, b) los que fundamentan la estructura de lo real, c) los basados en la estructura de lo real; todos ellos son argumentos que crean enlaces entre las proposiciones, son argumentos de asociación; y d) los argumentos de asociación. Todos ellos presentados en el capítulo de categorización. En este apartado se describen dos tipos de argumentos que no aparecen en la teoría de Perelman; sin embargo, son encontrados comúnmente en la enseñanza de las ciencias, **los argumentos por demostración**: por deducción matemática (incluido en los cuasilógicos matemáticos) y por representación de objetos imaginarios o reales (incluido en los que fundamentan la estructura de lo real).

2.3.6.1 *Argumento por deducción matemática*

Alfaro-Carvajal, Flores-Martínez y Valverde-Soto (2019), en sus estudios sobre la demostración matemática en el conocimiento profesional de los profesores de matemáticas, presenta el estado de la investigación con el aporte de otros autores que se describe a continuación. *La demostración matemática* es un proceso, un razonamiento, una serie de relaciones o una secuencia finita de fórmulas tales que cada una es un axioma o una consecuencia inmediata de algunas fórmulas precedentes, gracias a las reglas de inferencia. La fórmula final de la demostración se llama teorema o fórmula derivada. La mayoría de matemáticos considera que una demostración es más valiosa cuando favorece la comprensión; por esta razón, tales demostraciones se pueden ver más como entidades conceptuales, entendidas como una secuencia lógica de ideas matemáticas relacionadas, en las que el enfoque de derivación no es lo principal.

Según Stylianides (2007), la demostración en las matemáticas escolares es un argumento matemático que tiene las siguientes características: (1) un conjunto de menciones aceptadas:

utiliza afirmaciones aceptadas como verdaderas por la comunidad del aula y que están disponibles para su uso, tales como las definiciones, los axiomas, los teoremas, entre otros; (2) los modos de argumentación: usa formas de razonamiento que son válidas para la comunidad del aula o que se ubican en el alcance conceptual de esta, como las reglas lógicas de inferencia, el uso de definiciones para derivar afirmaciones generales, la enumeración sistemática de todos los casos a los que se reduce una proposición cuando estos sean un número finito, la construcción de contraejemplos, el desarrollo de un razonamiento que muestra que se puede llegar a una contradicción, entre otros, y (3) los modos de representación de argumentos: la comunicación se lleva a cabo empleando formas de expresión apropiadas, conocidas y en el alcance conceptual de la comunidad de la clase, **formas que incluyen el lenguaje oral, el uso de diagramas, las representaciones pictóricas, tabulares, entre otras.**

Según Crespo, Farfán y Lezama (2010), en la clase de matemática existen formas de razonamiento que no están en concordancia con la conceptualización de la demostración matemática en un sistema axiomático, normalmente se generan por la transferencia a escenarios académicos de formas de argumentación utilizadas en contextos cotidianos no académicos. Se distinguen las argumentaciones abductivas, en las que se tienen como premisas una implicación, su consecuente y se concluye el antecedente; las argumentaciones inductivas, en las cuales se concluye la veracidad de una proposición a partir del examen de un número limitado de casos; las argumentaciones no monotónicas, en las que se pueden modificar los supuestos iniciales a partir de casos nuevos; las **argumentaciones visuales** que establecen conclusiones con base en diagramas; las argumentaciones a conocimiento cero, cuando se hace referencia a demostraciones que realmente no lo son, y las **argumentaciones gestuales** en las cuales se argumenta con gestos y ademanes.

Para Pedemonte (2007) la argumentación y la demostración en las matemáticas poseen características comunes: (1) **son justificaciones racionales**: tanto en la construcción de demostraciones matemáticas como en las argumentaciones se presentan justificaciones de los pasos desarrollados; (2) **se realizan para convencer**: ambas se desarrollan cuando se desea convencer de la veracidad de una afirmación, para ello se deben modificar las opiniones apelando a la racionalidad; (3) **están dirigidas a una audiencia universal**: las dos pretenden convencer a una audiencia que debe tener la capacidad de defender sus propias opiniones con respecto a la demostración o al argumento esbozado por el interlocutor, esta audiencia está compuesta por la comunidad matemática, el aula, el profesor, el mismo interlocutor, entre otros, y (4) **pertenecen a un campo**: las proposiciones que son objeto de demostración o

argumentación matemática pertenecen a un campo teórico que delimita su validez (el álgebra, el análisis, la geometría, entre otros).

Entre las funciones de las demostraciones matemáticas, Silva (2002) en Alfaro et al (2019), expone que, una demostración puede satisfacer la **función retórica** si es convincente, aunque no necesariamente correcta. Para que **una demostración lógicamente correcta pueda ejercer la función retórica, debe estar acompañada de todos los pasos y cada uno de ellos debe ser comprendido**. Es preciso que sea percibida por un ser humano, el cual debe ser convencido sobre sus bases racionales. Por tal razón, las demostraciones deben tener un número finito de pasos. Una demostración matemáticamente perfecta requiere ser lógicamente correcta, convincente para un ser humano con limitaciones cognitivas y estimulante desde el punto de vista heurístico.

En las clases de ingeniería, son muy utilizadas las demostraciones matemáticas. Como comunidad en la facultad de ingeniería se utiliza en la argumentación cotidiana, el lenguaje matemático, el técnico sin tener conciencia de ello, es lo común en nuestra formación. En el aula no es la tanto la resolución de la demostración matemática sino la forma en que se explica y convence al estudiantado. Allí está el componente retórico argumentativa de la deducción matemática, convencer a los estudiantes del procedimiento seguido en su explicación que justifica que la afirmación matemática es verdadera, para facilitar así su comprensión.

Alfaro y colaboradores agregan que para que una demostración logre la función explicativa, el profesor de matemáticas debe lograr que los estudiantes **comprendan los conceptos utilizados, que conozcan los patrones de argumentación y los términos involucrados**. Debe estructurar y presentar la demostración para que sea **clara y convincente**. En la medida que los estudiantes aprendan modos de pensamiento lógico, adquirirán la capacidad y la confianza para evaluar y construir una demostración matemática.

En esta investigación se presenta el **argumento deducción matemática**, como un argumento cuasi lógico matemático; ya que el profesor en su actuación persigue convencer de la veracidad, y no sólo busca la respuesta final, sino también de que los estudiantes conozcan los elementos, los patrones utilizados, las convenciones, el orden seguido y realicen las conexiones o enlaces entre las entidades que intervienen. Por lo que se ubica en los argumentos de asociación, cuasi lógica ya que **conectar ideas** de una manera aparentemente lógica y se comprenden con el pensamiento formal de naturaleza matemática.

2.3.6.2 *Argumento por demostración con objetos*

La demostración es otra forma de aportar razones para ‘convencer’ a los estudiantes de las tesis que se les presentan para su asentimiento. En la demostración, los objetos materiales o imaginarios que intervienen contribuyen a ‘dar presencia’ a las ideas o conceptos de la explicación, y toda la acción del profesor durante la explicación y la experiencia que lleva a cabo, se logra que las palabras adquieran significados (Roth, 2013); representando otra forma usada para la justificación del conocimiento.

En la enseñanza de las ciencias se observa la explicación basada en la representación con materiales sencillos, que no llega a ser una experimentación formal de laboratorio. Los fenómenos de la física pueden ser presentados a través de demostraciones con objetos del cotidiano, y también pueden ser explicados a través de la simulación o representación con objetos imaginarios, apoyándose en la recreación del imaginario y la evocación de sucesos conocidos o de fácil comprensión al ser ejemplificados; ya que en la vida cotidiana existen muchos ejemplos que pueden realizarse con objetos cotidianos, muy similar al argumento por la ilustración pero utilizando representación con objetos. A este tipo de justificación, se llamará *argumentos por demostración*, ubicados en las categorías de argumentos de asociación que fundamentan la estructura de lo real, por la retórica involucrada y la búsqueda de la atención con la representación con objetos, reales o imaginarios. En el capítulo seis se muestra un ejemplo de este caso aplicado a la carga eléctrica, y en el capítulo ocho se ve la acción de los argumentos visuales por demostración.

2.4 El discurso docente

Como referentes, destacan los aportes sobre las características de las prácticas discursivas orales en distintos contextos de Calsamiglia y Tusón (2001), DeLonghi, Ferreyra, Peme, Bermudez, Quse, Martínez, Iturralde y Campaner (2012) tomando en cuenta el discurso en el aula; el cual se complementa con los aportes de Cros (2003) quien en sus investigaciones se propone mostrar el componente argumentativo del discurso docente y analizar los recursos de este tipo, que utilizan los profesores habitualmente en sus clases para incrementar la eficacia de su discurso.

Cros (2003) ofrece una definición que compartimos, sobre lo que se entiende por una clase, término que usa para referirse a una serie de discursos que considera que tienen una estructura común. “..se producen en el ámbito académico, se desarrollan de forma oral en una situación

espaciotemporal delimitada, son conducidos por una persona experta que se dirige a un grupo de personas menos expertas con una finalidad didáctica, tienen una estructura bastante regular,...etc. La estabilidad de estos rasgos en diversas situaciones, permite considerar la clase como un género discursivo, y dentro del marco del discurso académico. Entendiéndose por discurso académico al conjunto de discursos orales y escritos producidos en ámbitos relacionados con la enseñanza y la investigación.” (Cros, 2003: p39).

Muchas veces la clase del aula se compara con “la conferencia académica” donde el orador debe ganarse el interés del auditorio y tiene que adaptar su discurso a un público determinado, a medida que transcurre la conferencia. (Cros, 2003). En la clase universitaria, el auditorio por lo general no siempre escoge al orador; por lo que, aunque reconozca su autoridad, no siempre considera un privilegio acceder a él. La atención al orador puede ser incluso visto por parte del auditorio, como obligatorio; ya que curricularmente el orador representa para el auditorio, una asignatura que debe pasar para acceder la titulación profesional, y donde el docente tiene el control. Otra diferencia se encuentra en que la clase no es un acto único, sino que forma un eslabón de la cadena de discursos que conforman las clases del curso.

2.4.1 El discurso del aula y la función docente

El aula la clase se caracteriza, por un lado, con el contexto comunicativo donde se produce, la relación social y la intención; y por otro lado estas características situacionales inciden en la forma que adopta el discurso: la selección lingüística, la organización del contenido y los marcadores que explicitan su estructura, selección del registro lingüístico, etc. Finalmente se considera que el género de la clase se define también por la utilización de una serie de estrategias discursivas que, aunque no pueden considerarse exclusivas del género, si son características de él Castellá, Comelles, Cros y Vilá (2007, 36); Jimenez-Aleixandre, 2010; Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, y Dushl, 2000). Estos mismos autores describen el discurso de aula como planificado- los docentes suelen preparar la estructura y el contenido de una clase, pero el contexto situacional compartido provoca que se replanifique sobre la marcha. El docente está atento a la recepción de su discurso y, en función de ella, puede modificarlo porque los destinatarios presentes en un acto público, aunque no sean interpelados directamente, siempre participan en el acto comunicativo, puesto que reaccionan a las estimulaciones emitiendo señales de acuerdo o de desacuerdo, conexión o desconexión, que llegan hasta el orador.

La función de los docentes va más allá de la simple transmisión de conocimientos. Deben ofrecer los medios necesarios para que los estudiantes comprendan y construyan los

conocimientos, adquieran o mejoren sus habilidades instrumentales, se impliquen y adquieran autonomía en su aprendizaje, etc. De esta manera actúan sobre los conocimientos y actitudes de los estudiantes para orientar sus interpretaciones en un sentido determinado y para intentar motivar su interés hacia la asignatura y la persona que la imparte.

La intención del docente influye en su discurso que además de explicativo, contiene un componente argumentativo importante, relacionado con la intención de influir en los estudiantes (en sus conocimientos, sus actitudes, sus actuaciones) y de generar un clima, basado en la cooperación y el respeto a las normas y a las personas, que favorezca la buena disposición de los estudiantes en clase y ante los docentes. Por tanto, la finalidad del discurso docente, igual que la de cualquier discurso retórico, es persuadir al destinatario, lo que en este caso quiere decir interesarlo y motivarlo para aprender.

(Castellá, Comelles, Cros y Vilá, 2007, 101) La característica más destacada del docente con éxito es que es sensible a la recepción; está pendiente de las relaciones del auditorio e introduce variaciones en el discurso para atraer la atención. Esta actitud se concreta en dos operaciones claves. En primer lugar, ser capaz de controlar la recepción del discurso por parte del alumnado y reconducir su atención. Los indicios no verbales que transmiten los estudiantes son un buen indicador para detectar si la atención y el interés se mantienen o si es necesario interrumpir el discurso o variarlo sensiblemente para sorprender o para crear nuevas expectativas. Y, en segundo lugar, propiciar la participación del alumnado (formular y provocar preguntas). Sin duda una de las maneras más efectivas de captar la atención de los estudiantes es incitarles a participar en la clase a través de preguntas, motivándolos, incluso “provocándolos”. Los estudiantes también reconocen el valor que tiene para el aprendizaje la participación en clase y valoran explícitamente la conducción hacia el conocimiento a través de preguntas, porque consideran que les sirven para orientar, ordenar y desarrollar su capacidad de reflexión y de razonamiento.

2.4.2 La comunicación multimodal en las ciencias experimentales.

La mayoría de los trabajos de investigación que se iniciaron sobre análisis del discurso, se basan en el discurso oral o escrito, existen investigaciones donde se resalta la importancia, de otras modalidades para crear significados, donde estos significados se construyen a partir de los aportes de dos o más modalidades semióticas; por ejemplo: un texto verbal no puede construir el mismo significado que un dibujo, una gráfica matemática no puede crear el mismo significado que una ecuación matemática, ni una descripción verbal tiene el mismo sentido que realizar una

acción (Lemke, 1998). El alumno en su proceso de aprendizaje, ha de interrelacionar los significados construidos con estos diferentes modos.

Se parte de la visión del papel de la acción del profesor, en la construcción de significados, como un proceso creativo, en pro de convencer a los alumnos de las explicaciones, leyes y valores de la física. Algunos investigadores reflexionan sobre las diferentes funciones de las imágenes en textos, el discurso verbal, los gestos y acciones en el aula (Martins y Porto, 2001; Lemke, 1998; Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis, 2001; Kress y Van Leeuwen, 1996 y 2001; Rowley, 2000). Airey y Linder (2009) presentan la multimodalidad en el discurso profesional, al cual llaman "discurso disciplinario" (el complejo de representaciones, herramientas y actividades de una disciplina), describiéndolo compuesto de varios "modos", y agregan: para la ciencia universitaria, ejemplos de estos modos son: lenguaje hablado y escrito, matemáticas, gestos, imágenes (incluidas imágenes, gráficos y diagramas), herramientas (como aparatos experimentales y equipos de medición) y actividades (como formas de trabajo, ambas práctica y praxis, rutinas analíticas, acciones, etc.).

El lenguaje científico tiene unas características bien determinadas: es preciso, riguroso, presenta estructuras de acuerdo al área, es formal, impersonal. Incluso tiene una gramática en la cual la función de verbos y nombres es diferente a la del lenguaje cotidiano (Halliday, 1993). Cada disciplina tiene sus modelos o patrones temáticos a la vez que su propio lenguaje, según palabras de Lemke, su patrón estructural. Para que la actividad científica en el aula se desarrolle con éxito es necesario que los participantes dispongan de conocimientos sobre el tema, pero también del necesario dominio de los géneros del lenguaje científico. Porque mientras uno aporta el contenido, el otro aporta la forma de organizar el razonamiento (Lemke, 1997). Un problema planteado puede tener diferentes formas de responder, según el contexto de la clase. Si un profesor de lengua pide a sus alumnos que expliquen la película que acaban de ver, está pidiendo un texto expositivo o narrativo que exponga los hechos de manera ordenada. Si desde historia se pide explicar las causas de la guerra civil, se está pidiendo en realidad un texto argumentativo que muestre diferentes interpretaciones y puntos de vista. En el caso de las matemáticas está solicitando un texto que describa ordenadamente el procedimiento utilizado hasta llegar a la respuesta final del problema. y, finalmente, en la clase de ciencias al pedir a los alumnos que expliquen algún fenómeno en realidad se pide una justificación que hagan referencia a un modelo teórico (Espinet, Izquierdo, Bonil, Ramos, 2012; Márquez, Izquierdo, Espinet, 2006; Márquez, 2002, 2005).

Márquez (2005, p. 29) describe muy bien el proceso de aprender ciencias y que se comparte en esta investigación, que es como el aprender otro idioma, con nuevas palabras, estructuras gramaticales. La naturaleza de los fenómenos que trata la ciencia hace que el lenguaje cotidiano sea insuficiente para representarlos. Por eso la comunidad científica se comunica utilizando un lenguaje multimodal altamente especializado que incluye, además de palabras, gráficos, mapas, símbolos matemáticos, ecuaciones.

Gracias a los trabajos de Lemke, Kress, Ogborn, Martins, Jewitt y muchos otros la *multimodalidad* es un término que ahora se usa ampliamente en el mundo académico. Existen muchos estudios en el área que provienen de diferentes disciplinas, como la lingüística, la semiótica, estudios de medios, nuevos estudios de alfabetización, educación, sociología y psicología, por ejemplo.

El modo es un recurso semiótico socialmente moldeado y culturalmente dado para dar significado” (Kress, 2010, p79). Si un medio para crear significado es una modalidad o modo, la comunicación implica una combinación de modos que actúan simultáneamente. Los modos son recursos materiales de forma social, como el habla, el gesto, la escritura, la danza, la imagen, el movimiento. La multimodalidad se propone dar cuenta de que los medios para creación de significado no operan de forma aislada, sino que casi siempre aparecen juntos: imagen con escritura, discurso con gesto, simbolismo matemático con escritura, y demás.

Es ese reconocimiento de la necesidad de estudiar cómo tipos diferentes de creación de significado se combinan en un todo integrado, multimodal, lo que los lleva a desarrollar teorías y métodos que pueden explicar las formas en que se utilizan los gestos, habla y otros medios juntos, para producir significados que no pueden explicarse por ninguna de las disciplinas existentes. Así es como la introducción de la noción de "multimodalidad" marca un giro significativo en teorizar y analizar **el significado**.

Jewitt (2009) en el manual de análisis multimodal, describe cuatro supuestos teóricos interrelacionados que son la base de la multimodalidad.

- En primer lugar, el lenguaje se toma como parte de un ensamble (conjunto) multimodal.
- En segundo lugar, se supone que cada modo en un conjunto multimodal tiene papel diferente en la comunicación de significados, es decir cada modo en ese conjunto multimodal es responsable de llevar parte de un mensaje, y para entender el mensaje completo, es necesario interpretar el texto en su conjunto.

- En tercer lugar, la gente orquesta significado a través de la selección y configuración de los modos. Esta suposición se destaca que los individuos son agentes activos en la construcción de significados; que son "los diseñadores" de significado (Kress 2010). El concepto de "diseño" es parte integral de la multimodalidad. En él se describe el proceso de dar forma a los intereses, propósitos e intenciones del orador en relación con los recursos semióticos disponible para la materialización de su propósito en forma de signos complejos, textos con las características asumidas según una audiencia específica" (Bezemer y Kress 2008, 174). El diseño pone en primer plano la dirección, elección y el interés del diseñador.
- Por último, la multimodalidad basa todos los recursos de creación de significados en el ámbito social. Es decir, los recursos que se utilizan para crear significado se considera que son "moldeados por las normas y reglas de funcionamiento en el momento de creación de signos, influenciado por las motivaciones e intereses de un hacedor de signos en un determinado contexto social" (Jewitt 2009, 16).

(Bezemer y Jewitt, 2018) formulan tres premisas clave de multimodalidad: a) el significado se hace con diferentes recursos semióticos, cada uno de los cuales ofrece potencialidades y limitaciones; b) la creación de significado implica la producción de totalidades multimodales; y c) si se quiere estudiar el significado, se debe atender a todos los recursos semióticos que son usados para formar un todo completo.

La Multimodalidad es un enfoque para comprender la comunicación y la representación, una lente para ver el mundo de la comunicación y representación. Como tal, puede ser utilizado para identificar los modos en un texto, pero no atribuir significado a ellos (Kress, 2010). Para teorizar los modos de comunicación, es necesario recurrir a una teoría del significado "Que se ocupa de significado en todas sus apariciones en todas las ocasiones sociales y en todos los sitios culturales "(Kress, 2010, p.2). La Multimodalidad se basa en la semiótica social en los modos de teorizar la comunicación (Cheng, 2015)

La alfabetización multimodal, propuesto por el profesor Gunter Kress y la profesora Carey Jewitt (Jewitt y Kress, 2003), Instituto de Educación, Universidad de Londres, se trata de la comprensión de las diferentes formas de representaciones del conocimiento y la construcción de significados. La alfabetización multimodal se centra en el diseño del discurso mediante la investigación de las contribuciones de recursos específicos semióticos, (por ejemplo, el lenguaje, gestos, imágenes) desplegados a través de diversas modalidades (por ejemplo, visual,

sonora, somática), así como su interacción e integración en la construcción de un texto multimodal coherente (como anuncios, carteles, informe de noticias, páginas web, películas). A partir de ello, se lleva este concepto a nivel académico, con el reconocimiento de que la experiencia de la enseñanza y el aprendizaje es intrínsecamente multisemiótico y multimodal, por lo que, existe la necesidad de entender cómo se construye la experiencia de la lección a través del de un repertorio de recursos semióticos que el profesor consagra en su pedagogía, apreciando las fortalezas y limitaciones funcionales de estos recursos y las modalidades semióticas, así como la forma en que se combinan en la orquestación de la lección para proporcionar interpretaciones que puedan conducir a una enseñanza más efectiva y el aprendizaje en el aula (Lim, 2011; Cheng, 2015; Archer y Breuer, 2015). Un estudiante alfabetizado multimodalmente debe ser consciente del significado potencial y las opciones que se ofrecen en la producción del texto; lo que podría repercutir en una mayor capacidad para comunicarse, y tomar decisiones eficaces en la construcción y presentación del conocimiento; formándose como productores competentes de los propios textos multimodales.

La introducción de la alfabetización multimodal en la enseñanza tiene dos aspectos, primero la inculcación de habilidades de análisis del discurso multimodal para estudiantes y luego, la sensibilización en el uso de los recursos multimodales (las posibilidades y limitaciones de cada uno aporta, su orquestación (contextualizar las relaciones) y su potencial para dar forma a la experiencia de la lección) en el aula para los profesores (Cheng 2015).

2.4.3 La enseñanza como la representación de una historia (teatral).

Pantidos y colaboradores (2008) compara el contexto de la enseñanza con el teatro, agrega que tanto la escuela como el teatro son áreas donde, para que los significados sean ilustrados, los textos multimodales se activan naturalmente en la interacción humana. Numerosos signos de la imagen escénica se basan en la actuación y, ya sea explícita o implícitamente, ayudan a dar forma a los significados que componen la trama de la historia; por tanto, parece interesante investigar la enseñanza como un proceso de comunicación basado en signos que puede desarrollarse y mejorarse mediante la semiótica teatral.

Los conceptos de ciencias, en los niveles secundario y universitario, a menudo se enseñan a través de conferencias, que ponen a disposición de los estudiantes varios recursos multimodales, como, por ejemplo, habla, gestos, orientaciones corporales, expresiones faciales, prosodia, videos, tridimensionales maquetas, dibujos, diagramas, gráficos y fotografías. Aunque muy difamadas, las conferencias tienen un lugar integral en la reproducción de la ciencia y su

continuidad histórica (Roth y Friesen, 2014; en Pozzer y Roth, 2019). Durante las conferencias, por lo tanto, la comunicación de conceptos científicos se produce a lo largo de trayectorias impulsadas por la relación dialéctica entre los diversos recursos semióticos (es decir, de creación de significado) que utilizan los profesores, que juntos constituyen una unidad comunicativa (Pozzer, Ardenghi y Roth, 2007 y Pozzer, Roth, 2019).

Kress en sus trabajos, se refiere a la interacción entre los diversos recursos multimodales, utilizando terminologías como orquestación y ensamble que siguen ciertos principios básicos (ver Kress, 2010, cap8, p162). Los aspectos de la orquestación y los ensambles están completamente relacionados y son distintos; el primero se refiere al proceso de ensamblar, organizar, diseñar una pluralidad de signos en diferentes modos en una configuración particular para formar una disposición coherente; el ensamble nombra los resultados de estos procesos de diseño y orquestación. La orquestación describe los procesos de selección, montaje, diseño de los "materiales" semióticos que parecen esenciales para satisfacer los intereses del retór o diseñador y que se darán forma como la entidad semiótica del texto como un conjunto, a través de los procesos de diseño. Las orquestaciones y los ensambles resultantes se pueden organizar en el espacio y se pueden organizar en el tiempo, en secuencia, en proceso, en movimiento.

2.4.4 La formulación de la pregunta

La **interrogación** es una modalidad cuya importancia retórica es considerable (Ernst-Slavit Pratt, 2017). La pregunta, antes de cualquier respuesta, supone un objeto del cual trata, y sugiere que hay un acuerdo sobre la existencia de dicho objeto. Responder a una pregunta es confirmar este acuerdo implícito. Para Machado y Sasseron (2012) es un instrumento dialógico para estimular la cadena enunciativa. Utilizándose así con fines didácticos dentro del relato del aula para trazar y acompañar la construcción de un significado y un concepto; tiene tres dimensiones que lo constituyen y guían en la construcción teórica: la dimensión epistemológica, en la cual la pregunta refleja la búsqueda del conocimiento; la dimensión discursiva, en la que los enunciados forman parte de la comunicación que se establece en el aula, asumiendo así un papel importante en la construcción de significados; y la dimensión social y política, en la que el acto de cuestionar gana criticidad hacia el mundo.

La utilización de la pregunta en la educación tiene una larga tradición, Zárte (2015, p. 301) cuando estudia la dimensión pedagógica de la pregunta, define las preguntas como dispositivos pedagógicos que propician el pensamiento, la reflexión y comunicación; a lo cual se agrega que tienen diferentes usos según la estrategia del profesor. La formulación de preguntas es un

recurso que permiten revisar los propios conocimientos porque el mensaje circula y provoca el intercambio con otros, de modo que el conocimiento se comparte en el aula y posibilita el aprendizaje en grupo.

Castellá, Comelles, Cros y Vilá (2007) presentan tres vías de formulación de preguntas, que deben ser entendidas como estrategias que selecciona el profesorado según el objetivo que persigue en cada momento: preguntas de respuesta limitada, pregunta reactiva y preguntas generales.

- ***preguntas de respuesta limitada***, casos, se suelen formular preguntas que piden una respuesta breve y que siguen la estructura de los tres movimientos prototípicos de los diálogos triádicos. En clase los docentes acostumbran a integrar en las explicaciones preguntas sobre cuestiones concretas, que los estudiantes pueden responder fácilmente, y que les sirven para mantener su atención y comprobar el grado de seguimiento. Un profesor universitario utiliza constantemente este tipo de preguntas de respuesta única con sus estudiantes mientras resuelve problemas en la pizarra: “¿Esto cuánto vale? ¿Qué nos da esto?”. Y los estudiantes las responden de una manera casi automática. Con estas breves preguntas se asegura que los estudiantes están siguiendo el razonamiento.
- ***pregunta reactiva***, las preguntas reactivas son las que se formulan a raíz de una respuesta incorrecta o incompleta y que pide mayor reflexión. La estructura de estas preguntas puede ser más compleja que las de respuesta única, porque se produce un encadenamiento de preguntas, respuestas, nuevas preguntas de los docentes para conseguir respuestas más satisfactorias. Suelen aparecer en las ocasiones en que los docentes detienen la progresión del discurso para guiar a los estudiantes, ya sea para que corrijan sus respuestas, las maticen o reflexionen sobre lo que dicen. Son preguntas que incitan a la reelaboración, a la construcción conjunta de conocimientos y a la revisión de contenidos ya tratados.
- ***preguntas generales***, estas preguntas son mucho más abiertas que las anteriores y se suelen formular con la intención de explorar o detectar los conocimientos previos de los estudiantes sobre un tema general o para comprobar el grado de comprensión o consolidación sobre un tema general o para comprobar el grado de comprensión o consolidación de determinados aprendizajes. Se trata de preguntas que requieren más tiempo que las anteriores y suponen mayor habilidad por parte del docente porque tendrá que ser capaz de organizar el discurso a partir de las aportaciones de los estudiantes sin caer en la dispersión. Además, implican habilidad en la gestión del aula

para que no se polaricen las intervenciones y participen el máximo número de estudiantes.

2.4.5 El argumento visual

Se pueden definir los argumentos visuales como aquellos argumentos que están constituidos, total o parcialmente, por imágenes (es decir, por representaciones visuales) (Olivares, 2019). En el marco de la teoría de la argumentación, la argumentación visual se centra en entender, analizar y valorar la función de las imágenes en la argumentación. Desde finales del siglo XX, es un tema que atrae la atención de los investigadores dado la creciente importancia de lo visual en nuestra vida cotidiana. En 1996 se publicaron varios artículos de referencia lo que significó un gran impulso para la argumentación visual. Leo Groarke publicó “Logic, Art and Argument” en la revista *Informal Logic*, considerado como el artículo precursor que reivindicaba la necesidad de ampliar el paradigma predominante basado en la argumentación verbal para incluir también los argumentos visuales. Los argumentos visuales proponen premisas y conclusiones que son expresadas, total o parcialmente, por medios visuales (no verbales) (Groarke, 2009:230, en Olivares, 2019). La argumentación visual forma parte de la llamada argumentación multimodal que incluye otros modos de argumentar más allá del meramente verbal o textual. Se entiende por argumentación multimodal aquella que comporta el uso de elementos no verbales. Un debate actual en la teoría de la argumentación es si hay diferentes modos de argumentar que necesitan ser diferenciados cuando se analizan y se evalúan argumentos (Groarke, 2015: 133, en Olivares, 2019).

2.4.6 El uso de la pizarra

La pizarra con su potencial de expresión para la creación de significados se ha convertido en un elemento imprescindible en las aulas y laboratorios de física. La pizarra es un medio fundamentalmente visual capaz de ilustrar y permitir el desarrollo de la historia de una manera ordenada y coherente. El “texto” escrito/graficado en la pizarra, (escritura, dibujos, gráficos, entre otros), además de la función modal propia, sirve como un recurso para relacionar de forma simultánea todo el diálogo hablado en un sentido coherente intertextual, así como proporcionar una contextualización para mediar en el diálogo. En este apartado se describe dos modos de usar la pizarra: la escritura y el dibujo.

2.4.6.1 *La escritura en la pizarra:*

El recurso más usado en la enseñanza, que acompaña al discurso oral, es la escritura en la pizarra. En la pizarra, el profesor deja plasmado las ideas centrales de su explicación. En la pizarra se observa la escritura para dar presencia al concepto o noción de lo que está explicando, y para comunicar la forma en que se deben expresar los razonamientos por escrito. A través de la pizarra, el profesor enseña la forma de la expresión escrita del ingeniero. Se está enseñando al estudiante a cómo expresarse por escrito en física, que a su vez le servirá de base para las demás asignaturas a estudiar ya que abarca: la presentación de conceptos, el alcance de la definición o descripción de un concepto, la formalidad de la expresión de las magnitudes físicas, nomenclatura, simbología, expresión matemática, notación vectorial, unidades en el sistema internacional, resolución de problemas.

2.4.6.2 *El dibujo en la pizarra*

El potencial semiótico del dibujo en la pizarra destaca, del mostrado en un afiche o en el texto que, si bien tiene un carácter estático, solo es una figura; la dinámica dada por el profesor al dirigir su construcción durante su explicación, la reviste de una presencia que viene a ser de gran relevancia en la construcción de significados. El dibujo una vez terminado define: representaciones de conceptos científicos, una forma de ver el mundo, expresa una idea base terminada, puede informar una definición, clasificación o transformación entre otros; pero al analizarlo dentro del discurso forma una parte del todo, en la construcción de significados que se desea lograr durante la secuencia de la explicación multimodal.

El proceso de realizar el dibujo dentro de la explicación, ya lo hace parte de la retórica de la explicación, buscando la adhesión de la audiencia. Aun un dibujo ya realizado en cursos anteriores, o que aparece en los libros textos, al ser dibujado en el aula por el profesor, adquiere un rol distinto en la enseñanza, dado por la dinámica del orador y la nueva audiencia; ya que su despliegue es mediado con la interacción del profesor frente a sus estudiantes. En este proceso de dibujar, el profesor regula y gestiona el dibujo a utilizar: la selección, el momento de incorporarlo a su discurso, el tiempo, las características a resaltar, las combinaciones multimodales con que lo acompaña. Es todo un proceso retórico-argumentativo, derivado de la búsqueda del acuerdo y la adhesión de los estudiantes a las premisas que presenta para la creación de significado científico en su explicación.

Tytler, Prain, Aranda, Ferguson y Gorur (2020) realizaron investigaciones analizando el trabajo en equipo de estudiantes de séptimo año de educación media, tratando de identificar cómo y por

qué el dibujo de los estudiantes puede contribuir al razonamiento y aprendizaje. El objetivo principal de la investigación fue investigar las formas en las que pares de estudiantes que participaron coordinaron el habla, el gesto, la exploración experimental y las representaciones múltiples para razonar sobre los fenómenos científicos. En cada una de las lecciones analizadas, el dibujo fue una característica importante, ya sea usando lápiz y papel, o marcadores en una pequeña pizarra. Al construir y evaluar dibujos, los estudiantes deben considerar cómo su dibujo **corresponde** a las características del tema que están representando, y también considerar hasta qué punto es **coherente** tanto dentro de las partes componentes del dibujo como en las representaciones relacionadas. Estos requisitos entrelazados de *correspondencia* y *coherencia* son características clave del razonamiento en las ciencias (Lehrer y Schauble, en Tytler et al, 2020).

El dibujo tiene múltiples posibilidades en el sentido de que este proceso de creación de signos exige especificidad visual y espacial dentro de un espacio limitado, centra la atención en las relaciones espaciales entre las partes del dibujo, fuerza la atención en los detalles en el caso del dibujo de la vida cotidiana o en la especificidad de relaciones visuales y espaciales en el caso de dibujos especulativos como las representaciones de partículas u otros dibujos técnicos/científicos.

Desde una perspectiva socio-semiótica, el razonamiento es necesariamente un proceso multimodal de creación de significado: se puede razonar tanto haciendo como pensando. El dibujo se reconoce como un proceso de razonamiento visual y un medio para los procesos de razonamiento posteriores. El dibujo, desde estas perspectivas, media en la creación de significado del estudiante y es parte de la construcción cultural multimodal del conocimiento en el aula (Vygotsky, 2000). Al hacer uso tanto de Vygotsky como de Peirce, se hace posible una descripción social / cultural y semiótica del dibujo, lo que permite una comprensión de este proceso de creación de significado. Desde una visión social / cultural y semiótica del dibujo Titler y col (2020), hacen uso tanto de Vygotsky como de Peirce para describir el dibujo y el razonamiento, apoyando la afirmación de que todo razonamiento es una interpretación de signos de algún tipo.

2.4.7 Los Gestos

En el campo de los estudios de gestos, los gestos generalmente se definen como movimientos o acciones expresivas y deliberadas de las manos y los brazos que se producen durante el acto de hablar vistos como una parte integral del proceso de producción y comprensión del enunciado (McNeill, 2015). Los *gestos* como definición cubren una variedad de fenómenos, el enfoque dado aquí para el gesto es como la imaginaria intrínseca del lenguaje, donde el gesto orquesta el habla; el gesto y el habla no pueden separarse.

Los gestos constituyen un sistema semiótico de gran relevancia en las situaciones de enseñanza de ciencias no solo naturales, sino también sociales, puesto que en ellos se apoyan los docentes para desarrollar el discurso científico y la regulación del conocimiento disciplinar (Roth, 2002) (Manghi, 2010), especialmente cuando explican conceptos abstractos (Roth y Welzel, 2001; Shien, Yew-Jin y Kim, 2015) o en astronomía Padalkar y Ramadaz (2011). Por su parte estudios en clases de la escuela primaria revelan que los gestos de los alumnos ayudan a que estos expresen sus conocimientos, en particular cuando no disponen o no pueden acceder a la palabra precisa (Menti y Rosemberg, 2017; Mindelek, 2012; Roth y Lawless, 2002), entre otros).

El grado de elaboración del gesto está en la medida en que el gesto le agrega dinamismo comunicativo al enunciado, cuando las manos hacen un gesto, es el propio Ser, la posición en el mundo de los significados lo que las controla y no una acción oculta en relación con el mundo de los objetos (McNeill, 2015, 38). Por ejemplo, se tiene la mímica que es una herramienta para que el codificador absorba y materialice, el pensamiento y el habla de un hablante ausente, y también está muy extendido en la interacción humana en general. Existen tres sencillas normas para interpretar los gestos: leerlos de forma agrupada, buscar su congruencia con las palabras, y tener siempre en cuenta el contexto en el que se producen (McNeill, 2015).

2.4.7.1 *Los gestos, una primera clasificación.*

Existen varios esquemas diferentes de clasificación para los gestos espontáneos, dados por diferentes autores en sus estudios en educación Roth (2000), para el aprendizaje de las ciencias Migdalek y Rosemberg (2012) y astronomía Padalkar y Ramadas (2011) y que describen la clasificación de McNeill (1992) de los gestos en cinco tipos:

1. Gestos deícticos: son gestos apuntables que pueden ser usados para señalar ya sea en concreto en abstracto (apuntando a objetos existentes o virtuales); los gestos 'deícticos' hacen que un objeto destacado sea el tema de la comunicación del hablante.
2. Gestos icónicos: una forma directamente relacionada con el contenido semántico del discurso, abarcan aquellos movimientos de la mano -brazo, que guardan una relación conceptual de similitud entre su forma y el contenido semántico de la unidad lingüística a la que acompaña, es decir el modo de realización del gesto encarna a aspectos retratables del contenido semántico; los gestos 'icónicos' representan de manera transparente aspectos de objetos o eventos que son difíciles de expresar con palabras.
3. Gestos rítmicos: gestos simples repetidos utilizados para enfatizar, son movimientos simples y rápidos de la mano, que acompañan a las palabras más importantes, muchas veces señalan el lugar más importante del discurso en relación con el todo.
4. Gestos metafóricos: haciendo referencia a una abstracción, son similares a los gestos icónicos en que hacen referencia a una imagen visual, sin embargo, las imágenes a las que se refieren son conceptos abstractos. En trabajos más recientes McNeill, considera a los tipos como dimensiones, ya que la mayoría de los gestos son multifacéticos y se pueden combinar.
5. Gestos tipo emblemas: son gestos intencionales que se pueden sustituir directamente en palabras, como: “decir adiós” con las manos, decir “no” con la cabeza, decir “silencio o en voz baja” con el índice perpendicular en los labios, “pedir tiempo” con las dos manos formando una T.

Las tres primeras categorías de gestos, están directamente vinculadas con el contenido del discurso, hechas con intención consciente, y tienen el potencial de transmitir información científica, aunque, los esquemas de clasificación existentes necesitan algunas modificaciones para tener en cuenta la información espacial que se transmite mediante gestos en ciencia y astronomía. En otros trabajos McNeill prefiere llamarlos dimensiones, ya que pueden combinarse entre sí (en Migdalek y Rosemberg, 2012). A continuación, otras clasificaciones.

2.4.7.2 *Los gestos según su función.*

En estudios realizados en clases de la escuela de primaria (Migdalek y Rosenberg, 2012; Menti y Rosenberg, 2017), se analizó el papel que cumplen los gestos de maestras y alumnos durante el proceso de construcción de significados; y utilizaron cuatro categorías según el propósito del gesto en el discurso, que son:

- Ampliar o reforzar información, el interlocutor, mediante sus gestos, proporciona información adicional o la misma que sus expresiones verbales. En este caso, los gestos representan características perceptivas o funcionales del concepto al que se alude
- Cubrir el vacío lingüístico, en su turno de habla, el interlocutor se refiere a determinados conceptos mediante la yuxtaposición del gesto a palabras poco precisas
- Manifestar comprensión compartida, el interlocutor reitera uno o varios gestos producidos por otro hablante en la intervención anterior
- Enfatizar aspectos de sus intervenciones, el interlocutor yuxtapone con intensidad uno o varios gestos a expresiones verbales que quiere destacar

En Pozzer, Ardenghi y Roth, (2007), analizaron la multimodalidad en clases de anatomía, y encantaron que los gestos son un modo de comunicación, que no sólo integran el discurso y sus referentes, sino que también **sirven de enlace** para integrar dos recursos materiales, como, por ejemplo, dibujos en la pizarra y modelos tridimensionales, proporcionando **la coherencia de la unidad de significad**; agrega además que la función de los gestos en la enseñanza de la ciencia, sin embargo, no se limitan a la integración de múltiples recursos, los gestos también funcionan comunicativamente para proporcionar información científica única, tanto relacionados con fenómenos estáticos como procesos dinámicos y que deben ser reconocidos y entendidos como parte de la unidad de significado para lograr la comprensión de un concepto científico particular.

2.4.7.3 *Los gestos en la clase de Física.*

Givry y Pantidos (2012) analizaron los gestos en la clase de Física, específicamente sobre el tema de la energía, tomando para ello tres signos relevantes vinculados al discurso: el escenario, los objetos escénicos y los movimientos de todo el cuerpo humano. Estos autores clasifican los gestos, basados en trabajos previos sobre el enfoque semiótico en la enseñanza de las ciencias en tres tipos: (1) signos acústicos (signos lingüísticos y paralingüísticos), (2) signos kinésicos (signos gestuales y mímicos, proxémica), (3) signos espaciales (escenarios/decorado, objetos escénicos).

- La discusión sobre signos lingüísticos se basa en La visión de Jakobson (1966) sobre seis funciones del lenguaje (emotiva, referencial, conativa, metalingüística, poética, fática), mientras que los signos paralingüísticos se refieren a la prosodia.
- Los signos gestuales se basan en los movimientos de todo el cuerpo (es decir, manos, cabeza, torso, pies y otros). Estos signos incluyen gestos, es decir, movimiento semiótico de manos y brazos, y específicamente formas que se denominan gesticulación: gestos icónicos (descriptivos) y deícticos (señalar) (Mc Neil, 1992). Los signos mímicos están conectados con las expresiones faciales, mientras que los proxémicos con los desplazamientos del cuerpo humano.
- Finalmente, los signos espaciales se refieren al escenario, es decir, cualquier cosa que fundamenta un entorno que no se puede mover (por ejemplo, un tablero con un dibujo en él), y los objetos escénicos que se consideran como materiales, en movimiento, entidades que se pueden manipular con gestos ergóticos (por ejemplo, artefactos experimentales).

2.4.7.4 *Los gestos en la clase de matemáticas.*

Alshwaikh (2011) en su trabajo de investigación sobre “diagramas geométricos como representación y comunicación: un marco analítico funcional”, analiza la interacción gestual, verbal y los diagramas en las representaciones de los estudiantes en una tarea de geometría y hace una distinción que se basa en si hay una acción representada en el gesto. Para ello

desarrolla un marco para analizar la contribución del gesto a la creación del significado general, partiendo que los gestos ocurren en el tiempo los categoriza en narrativos y conceptuales, tomando en cuenta el movimiento como una distinción útil. Por lo tanto, distingue entre dos tipos de gestos: gesto narrativo y gesto conceptual. La principal distinción es el movimiento, de dedos o manos.

- **Gestos narrativos** Si el gesto tiene movimiento, un movimiento dinámico al producir el gesto, entonces se considera que el gesto es narrativo, en el que una historia está siendo contada mostrando la estructura de un producto construido por el gesto
- **Gestos conceptuales**, en contraste, falta esa acción o movimiento y parece estático, para referirse a un 'presuposición' u objeto preexistente.

En el momento en que el objeto se representa sin movimiento, el gesto es conceptual. En el momento en que el gesto comienza a expresar movimiento, se convierte en narrativa. Kress y Van Leeuwen (1996) también clasificaron las estructuras representativas como narrativas o conceptuales. Mientras que las representaciones narrativas retratan relaciones transitorias, las representaciones conceptuales describen relaciones permanentes entre participantes. En su libro *Reading images*, cuando hablan de los elementos representacionales de la imagen, describen los patrones conceptuales y narrativos de forma similar, donde los patrones conceptuales representan a los participantes en términos de su clase, estructura o significado, en otras palabras, en términos de su esencia generalizada y más o menos estable y atemporal; y los patrones narrativos sirven para presentar acciones y eventos en desarrollo, procesos de cambio, arreglos espaciales transitorios (Kress y Vanleewan, 2006, p59).

Martins (2002) igualmente distingue esta clasificación en las imágenes, las narrativas cuentan historias, representan procesos y acciones que ocurren a lo largo del tiempo, como la fusión de un bloque de hielo o el movimiento relativo de dos cuerpos; en cambio las estructuras conceptuales incluyen estructuras clasificatorias, analíticas, y simbólicas

Igualmente, Cheng (2015) en su investigación doctoral sobre el argumento visual multimodal, utiliza la clasificación de Kress y van Leeuwen (2006), 'conceptual' y 'narrativa', aplicada a cómo se desarrolla el argumento. *Un argumento conceptual* se caracteriza por una calidad atemporal, como conceptos se presentan en términos de "clase, estructura o significado" (Kress y van Leeuwen, 2006: 59). Este tipo de argumento es bastante común en el mundo académico. Por ejemplo, un ensayo que compare y contraste puede ser descrito como un argumento conceptual. *Un argumento narrativo*, Por el contrario, se caracteriza por los procesos de

cambio, los conceptos se presentan a medida que se despliegue eventos. Un argumento que se hace a través de una analogía de acontecimientos narrativos de eventos en el mundo de lo real puede ser descrito como un argumento narrativo.

Un enfoque multimodal del argumento también resalta el aspecto retórico de la argumentación Cheng (2015, p27) Un enfoque multimodal del argumento también resalta el aspecto retórico de la argumentación. La suposición de que personas orquestan significados a través de su selección y configuración de los modos subraya que las personas son agentes activos en la composición de los argumentos. Empuja el argumento más allá de la fórmula estándar de alegaciones y las pruebas, y anima a uno para ver el argumento como diseño. Desde esta perspectiva, los individuos que construyen argumentos no sólo son argumentantes sino” *retóricos*”, *crafting* elaborando y diseñando sus argumentos para fines particulares. Además, como la multimodalidad se basa en la semiótica social para teorizar los modos de comunicación, esto implica situar el argumento en lo social. Es decir, se trata de reconocer que el argumento, como una herramienta para racionalización, surge y se lleva a cabo en el ámbito social. Por ejemplo, Kress (2006, 2010) sostiene que el lenguaje "es necesariamente un modo temporal, organizado secuencialmente, y el visual por el contrario es un modo espacialmente y simultáneamente organizado".

2.4.8 La representación más allá de la pizarra.

Tang, Delgado y Moje (2014) y Linder (2013) desde la física y sus estudios aplicados en secuencias didácticas, o aproximaciones teóricas respectivamente, estudian las representaciones como artefactos que simbolizan una idea o concepto en la ciencia (por ejemplo, fuerza, energía, enlaces químicos) y pueden tomar la forma de analogías, explicaciones verbales, textos escritos, diagramas, gráficos y simulaciones. Como tales, son una parte integral del lenguaje de la ciencia,); (un marco integrador para el análisis de representaciones múltiples y multimodales para el significado en la educación científica).

Airey y Linder (2009) definen las representaciones como los recursos semióticos que han sido diseñados específicamente para transmitir las formas de conocimiento de la ciencia, y presentan un esquema de la relación entre las formas disciplinarias de conocimiento y las formas del discurso disciplinar. Esto se deriva de la noción de que en la ciencia universitaria tal sistema de recursos semióticos, se componen de algo más que los modos de representación del lenguaje oral y escrito. Otros modos como las imágenes (p. Ej., Gráficos y diagramas), las matemáticas y los gestos también juegan un papel central en este sistema (Ainsworth, 2006; Givry y Roth,

2006; Kress y van Leeuwen, 2001; Roth, Tobin y Shaw, 1997; Roth & Welzel, 2001) y, por lo tanto, se incluyen en el marco de la investigación.

Tang, Tan y Yoe (2011) destacan que un concepto científico es una red de relaciones de significados, que están como articulados a través de múltiples modos de representación, que se ensamblan repetidamente en la misma forma de una ocasión a otra (Lemke, 2002). Lo que hace que un concepto científico sea correcto o significativo es la forma canónica y reconocible del montaje de estas relaciones de acuerdo con las prácticas discursivas de una comunidad científica. Por lo tanto, cuando se dice que los estudiantes están construyendo un concepto científico, es la promulgación de medidas significativas (por ejemplo, hablando, escribiendo, haciendo un gesto) en una actividad, utilizando las modalidades semióticas, para ensamblar la red de significados a través de varias representaciones. (Tang et al, 2011) se define una representación instruccional como una forma particular de expresión, tales como el texto escrito, la analogía, la ecuación, tabla, gráfico, diagrama, y la simulación para transmitir una determinada materia o concepto (Yore y Treagust, 2006), y un modo de representación, o modalidad, como un sistema de recursos semióticos (construcción de significados) moldeado y repetidamente utilizado en el tiempo en una comunidad, por ejemplo, el idioma Inglés, pintura, el gesto y la música (Kress, Jewitt, Ogborn, y Tsatsarelis, 2001; Lemke, 1998). En la mayoría de los casos, *una representación es multimodal en la naturaleza*, ya que se compone esencialmente de diversos modos. Además de esta diferenciación, también está la distinción de Prain y Waldrup (2006, referenciado por Tang et al, 2011) entre la *representación múltiple* como la práctica de repetir y re-representar a los estudiantes el mismo concepto a través de diferentes formas de representación y *representación multimodal* como la integración de diferentes modos dentro de una representación o a través de representaciones con el fin de construir un concepto científico, proceso o explicación.

2.5 El análisis de las clases de ciencias visión didáctica

Investigaciones llevadas a cabo entre docentes, revelan que el trabajo reflexivo sobre la propia práctica es un recurso básico para la formación de nuevos profesores, ya que involucra el pensar sobre las interrelaciones entre el contenido, su enseñanza y su aprendizaje permitiendo a los nuevos profesores la oportunidad de ser sujetos de su propio cambio y cuestionar su propia práctica.

2.5.1 La visión Ogborn del análisis de las explicaciones de ciencias

Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy (2002/1996) en su libro *Formas de explicar - La enseñanza de las ciencias en secundaria* presentan un marco teórico para describir el proceso explicativo en la clase de ciencias. Presenta ejemplos donde intervienen los estudiantes, participando en la construcción de las ideas. Este libro resalta que, para discutir ejemplos de explicaciones, las palabras no son suficientes, hay que tomar en cuenta los esquemas que utiliza el profesor en la pizarra y los gestos, que también forman parte fundamental en la explicación. Como igual resalta Jiménez-Aleixandre en su capítulo: comunicación y lenguaje en el aula de ciencias, uno de los aspectos centrales del marco o lenguaje propuesto por Ogborn y sus colaboradores para describir las explicaciones en las clases de ciencias es la construcción de significados en ellas. Dicha construcción tiene cuatro partes o componentes: La creación de diferencias. La construcción de entidades. La transformación del conocimiento. La imposición de significado a lo material.

Entre las ideas del libro de Ogborn resaltan el estudiar la explicación, en cómo se crean y evolucionan las entidades a lo largo de la historia explicativa, la importancia de observar también las estructuras de las explicaciones, su secuencialidad, no sólo frases o fragmentos aislados. Otro concepto es el de *tensión semiótica*, que se origina por ejemplo al crear una diferencia de puntos de vista que tienen que resolverse, o cuando se confrontan creencias, expectativas sobre determinados fenómenos con otro (p19). La explicación funciona examinando un vacío en la comprensión que se requiere llenar, por lo que se estimulan en las estudiantes expectativas, se crean espacios que deben completarse con nuevos significados generando tensiones que necesitan resolverse.

Kress y Ogborn igualmente se describen en su libro Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis (2001). Este libro muestra la retórica del aula de ciencias, muestra que la explicación es una de las muchas estrategias retóricas empleadas por los profesores de ciencias para dar forma al conocimiento en el dominio de la educación científica. Esta configuración se basa, principalmente, en la construcción de entidades y las relaciones entre ellas para dar forma a las opiniones de los estudiantes sobre el mundo de maneras particulares. Por ejemplo, el uso de equipos científicos para permitir a los estudiantes ver entidades que generalmente son invisibles para ellos (microbios, células o bacterias) o para demostrar conceptos abstractos (como la energía) de manera concreta. El conocimiento también puede ser moldeado por la transformación retórica de entidades cotidianas en entidades científicas, o la vinculación de cosas aparentemente dispares. Sugieren que la formación del conocimiento de esta manera se

logra por medios retóricos; Las formas del conocimiento se realizan mediante marcos retóricos que son identificables por combinaciones y cambios textuales específicos e identificables. *Como tal, consideran los marcos retóricos como formas socialmente construidas de realizar la forma abstracta del conocimiento.* Por ejemplo, la retórica del aula de ciencias surge del requisito pedagógico de la creación de diferencias y la necesidad resultante de explicaciones, de colocar la ciencia fuera del dominio social y proporcionar nuevas herramientas para pensar.

2.5.1.1 Las explicaciones científicas como sinónimo de “historias”.

La explicación científica, según Ogborn et al (2002/1996, p. 27), es algo muy próximo a un relato; aunque no necesariamente tiene que contarse como tal. Algunos de los rasgos de un relato son: a) tiene un reparto de actores, cada uno los cuales posee sus propias aptitudes que son las que les hacen ser así, b) los miembros de este reparto interpretan una de las numerosas series de acontecimientos para los que están capacitados, c) estos acontecimientos tienen una consecuencia, que se deriva de la naturaleza de los protagonistas y de los sucesos que tienen la casualidad de presentar

Las explicaciones científicas dependen de la existencia de mundos, situados con frecuencia muy lejos del sentido común cotidiano, con protagonistas con comportamientos posibles que confeccionan la historia. Tales explicaciones carecen de significado hasta no conocer lo que supone que son capaces de hacer o que les han hecho a las *entidades* que implican. La explicación indica lo que es importante buscar, cómo observar las cosas; incorpora entidades desconocidas y nuevas que realizan tareas extrañas en un mundo a veces inaccesible.

Un relato muestra como los acontecimientos suceden de manera que el resultado no sea arbitrario, que tenga sentido, y las explicaciones científicas insisten en que sus protagonistas deben considerarse objetos reales; que existen más allá del mundo cerrado de un relato. Considerar que algo es real significa considerar que actúa como lo hace con independencia del pensamiento y la voluntad de las personas. Cuanto más convencido se esté de la realidad de las entidades imaginarias, en mejores condiciones se estará para actuar sobre ellas o para dejar que actúen sobre el resto de las cosas. Las explicaciones científicas dependen también de las construcciones formales y a veces de las matemáticas.

2.5.1.2 *La creación de diferencias*

El motor fundamental de la comunicación es que uno de los hablantes sabe algo que el otro no conoce o, a menudo, finge no hacerlo: *existe una diferencia entre ellos*. Pueden ser diferencias de conocimientos, información, intereses, status y poder. La existencia de diferencias crea expectativas y la tarea de acortar estas diferencias es lo que orienta a la comunicación. La explicación está orientada principalmente por las diferencias existentes entre lo que los estudiantes saben en ese momento y lo que necesitan saber. En ciencias, no es fácil que el alumno vea de antemano y de forma sencilla cuál es la diferencia de conocimientos que necesita completar. Un recurso usado por el profesor es la creación de expectativas para crear una necesidad de explicación, otra forma de crear diferencias es cuando la diferencia se sitúa entre lo que el alumno cree saber y los conocimientos que se oponen. Todo ello implica elaborar nuevas estructuras de interés en las explicaciones. Fagúndez (2006) presenta un capítulo con una buena síntesis del marco de Ogborn y resume la descripción de este componente; las formas de crear diferencias pueden agruparse en dos clases principales:

- a) ***entre lo que los estudiantes no saben y lo que necesitan saber*** “lo que vamos a hacer a continuación...”; entre ellos están: *-destacar la utilidad* es otra estrategia habitual usada a la hora de introducir un tema nuevo; *-mediante promesas o creación de expectativas* identificando el tema que se va a iniciar; en esa introducción pueden incluirse algún tipo de definición sobre su contenido, el título del tema se entiende mejor mediante una *promesa*: se menciona algo que todavía no se conoce asegurándose que se puede y se va a entender, en este caso se indica la diferencia de posición en función de dónde se encuentran los alumnos en ese momento y en la que se van a encontrar después; *-clarificar objetivos, evidenciar diferencias de opinión*, los profesores crean constantemente expectativas en los alumnos como otra forma de crear diferencias que pueda originar una necesidad de explicación.
- b) ***lo que los alumnos creen que saben y los conocimientos que se oponen*** “¿Qué es lo que esperas?”. Entre los tipos están la *contra-expectativa*; que se refiere al hecho de desconcertar respecto a un hecho, la confrontación de un conjunto de expectativas o de creencias sobre determinados fenómenos con otro, etc. El planteamiento de preguntas: el profesor plantea preguntas y nombran o dejan que un alumno conteste. Este tipo de intercambios deja a la luz la existencia de un problema; de una diferencia que hay que resolver. Otros tipos de ejemplos diferentes se utilizan o estimulan las expectativas de

los alumnos, creando espacios que deben completarse con nuevos significados: uso de la imaginación, explicar casos en los que, aparentemente, no hay nada que explicar.

2.5.1.3 *La elaboración de las entidades en la explicación.*

Las entidades, conceptos o ideas, que se necesita destacar como punto de inicio, o que se crean y desarrollan a medida que se construye la historia explicativa. La mayor parte del trabajo de explicación en la clase de ciencias se dedica, no solo a explicar los fenómenos, sino a elaborar las entidades con las que puedan construirse las explicaciones de dichos fenómenos. Posteriormente este conjunto complejo de entidades interrelacionadas permitirá, por ejemplo, explicar conceptos tales como diferencias y semejanzas entre conceptos, y contestar a los porqués relacionados al fenómeno. Las entidades, pueden estar formadas por partes que pueden ser físicas o conceptuales. La conversación del profesor es fundamental, dando ejemplo de cómo hablar, cómo pensar. El verdadero sentido a la hora de elaborar entidades como recursos, es que necesitan convertirse no en cosas sobre las que pensar, sino en cosas con las que pensar (Ogborn et al, 1996, p. 80).

- ***La reelaboración de los conocimientos*** o el cambio continuo de las entidades. Las entidades constituyen fragmentos nuevos de significado, y la diversidad de entidades científicas que necesitan crearse en las historias explicativas a lo largo de las sesiones de un curso, es muy grande; y dado que están cambiando todo el tiempo, hacen que los conocimientos científicos no sean estáticos; sino que constantemente estén en transformación para hacerlos accesible a los estudiantes, esta situación fundamenta la inclusión de la transformación o reelaboración del conocimiento. Para ello el profesor podría usar como recursos para la transformación del conocimiento, la transposición didáctica, las historias, parábolas, narraciones, la comparación, la metáfora. En el contexto de la enseñanza, una explicación no traslada una idea; proporciona material sobre el que trabajar para crearla. El proceso de reelaborar el conocimiento es llamado, transposición didáctica (Chevallard, 1991). La transposición didáctica es el proceso de ‘adaptaciones sucesivas’ de los conocimientos por el cual ciertos contenidos seleccionados se transforman en conocimiento a enseñar (contenidos de la enseñanza), y luego en conocimiento enseñado.
- ***Dotar de sentido a la materia.*** Para conseguir primero que los alumnos “vean” cosas como la teoría dice que son (“ver como”). Aunque esto no es suficiente, el fin de una

práctica es persuadirlos de que las cosas son como se muestran (“ser como”). A través de la mezcla y uso de recursos como: la inferencia, la creación de presencia física y la interpretación, para la creación de significados.

Es mediante la observación de las prácticas cuando se puede ver de forma más clara la manera en que el significado y la acción material están estrechamente interrelacionados (Ogborn et al, 1996, p. 138). En las prácticas, el mundo material se utiliza para representar y debe verse como un modelo con significado teórico. Lo material se convierte en portador de significado. Aunque el mundo material siempre puede fallar a la hora de que parezca que significa lo que los seres humanos quieren hacer que signifique.

2.5.1.4 *La dinámica de la explicación.*

Estilos y dinámicas explicativas. Como tercer aspecto importante, el marco insiste en la variación y estilos de explicación, y en cómo se dan las dinámicas explicativas a lo largo de diferentes clases de ciencias. Este último aspecto se valora como muy importante porque las explicaciones toman sentido cuando se enlazan unas con otras. Existen muchas maneras en que las explicaciones pueden ponerse en escena; y entre las diversas fuentes de su diversidad se encuentran:

a) el contexto de las explicaciones y estructuras explicativas: las explicaciones se basan en sucesos que encajan unos con otros hasta formar modelos mayores que son, en sí mismos, explicaciones. No se puede comprender por qué se explica lo que se explica en ese momento si no se observa este cuadro más grande, se refiere al carácter secuencial y el significado que se va transformando y elaborando a lo largo de la trayectoria de la explicación.

b) las características del profesor: la forma en que explica un profesor tiene una historia personal, una historia de experiencia y de relaciones con los alumnos, en clase. Para comprender esa manera en que un profesor explica algo determinado, es necesario conocer o tener alguna idea respecto a los recursos de autoridad, conocimientos, experiencias, materiales, etc., que domina. Los profesores, comúnmente, presentan ejemplos concienzudamente preparados; y se cuidan de estimular interacciones de las que están seguros que conectan con esa clase concreta en ese contexto

c) Las explicaciones deben ubicarse en el contexto de la interacción progresiva, que se produce, modifica y ajusta según las necesidades percibidas en el momento. Lo que sucede de la interacción con los alumnos: Todos los tipos de interacciones pueden influir en la manera en que se realiza la explicación (puede que la pregunta que realice un alumno requiera una explicación, que la respuesta que dé un alumno necesite elaborarse o corregirse, que las ideas extraídas de la clase se puedan utilizar para elaborar una explicación) o en el tipo de explicación que se requiere. En otras ocasiones, puede que sea necesario mantener la atención de los alumnos durante una exposición larga o complicada; o que las explicaciones previamente planteadas haya que retirarlas o reformularlas.

d) La influencia de la asignatura. Las explicaciones dependen del tipo de contenido incluidos fenómenos visibles o invisibles, términos y entidades teóricas, procedimientos y dispositivos técnicos (como las gráficas) El tema: tiene un efecto generalizado sobre las opciones concretas de qué y el cómo explicar. Las ideas científicas varían en forma y en dificultad; por lo que continuamente se selecciona lo que hay que explicar, lo que hay que asumir y lo que hay que evitar. Estas decisiones dependerán de la naturaleza de las entidades afectadas. Por ejemplo, en campos magnéticos, el problema es la elaboración de una nueva entidad. Esto lo logra a través de su lenguaje, cuerpo, su enfoque sobre este tipo de poderes intangibles y la elección que hace de las actividades reales e imaginarias en clase.

2.5.1.5 *Una investigación aplicada a la enseñanza de la física universitaria*

El modelo tiene aspectos de gran especificidad que lo hacen especialmente útil para entender la actuación de los profesores en las clases de ciencias, y en particular de física, clases que tienen unas características que las diferencian de las de otras materias, la más importante de las cuales es la relación entre los conceptos y teorías científicos y el mundo real. Se aplicó el modelo de Ogborn para caracterización de las explicaciones de profesores experimentados de física mecánica en el contexto de esta investigación (Fagúndez, Rangel y Castells, 2011; Fagúndez, 2006) resultando ser un buen instrumento para describir lo que pasa en las clases de desde el punto de vista de la actuación del profesor de física. Ayudando a interpretar la actuación de los profesores durante la construcción y reelaboración de significados científicos en las clases de física al aportar una manera diferente de mirar las clases, donde la explicación se encuadra dentro un proceso comunicativo y retórico. Entre las categorías del modelo de Ogborn, las nociones de creación de diferencias y la de atribuir de significado a la materia, así como la

importancia que se da a la transformación de conocimiento resultaron ser especialmente interesantes. Estas aportaciones en la didáctica de las ciencias hacen cambiar aspectos de la manera de ver lo que pasa en estas clases, especialmente en relación a la actuación de los profesores.

2.5.2 La visión de Kress en “Multimodal teaching”

El trabajo de Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis (2001), (referenciado aquí por sus siglas MT: multimodal teaching), parten de la retórica del aula presentada en analizando las explicaciones de ciencias de Ogborn y colaboradores (1996), exploran la naturaleza dialógica y colaborativa de la acción en el aula de ciencias, en lecciones de diferentes clases y profesores. Presentan un marco analítico para el análisis semiótico social del entorno multimodal de la acción en el aula de ciencias, a partir de la visualización de las cintas de video de la actividad docente y estudiantil (una cámara se centró en la actividad del maestro, la otra en las actividades de los estudiantes), con el propósito de desarrollar nuevas interpretaciones del aprendizaje en el aula de ciencias y en la educación en general (MT-10). Se basan en las teorías semióticas sociales de la creación de significado y las teorías de Vygotsky (1995) de la actividad mediada para comentar sobre la compleja relación entre la semiótica de la acción social y la experiencia situada de aprendizaje en el aula. Estudian cómo cada modo tiene sentido por sí mismo, buscando identificar las formas en que los diferentes modos de comunicación contribuyen a la orquestación retórica del significado en el aula de ciencias, y describir cómo los maestros usan la imagen, la acción, la manipulación de objetos, el habla, etc. para construir las entidades del aula de ciencias, y cómo realizan otras funciones retóricas en las lecciones de ciencias.

2.5.2.1 *La visión retórica multimodal en el aula*

Desde el enfoque semiótico multimodal describen la enseñanza y el aprendizaje en el aula de ciencias, como la expresión material de las elecciones motivadas (cognitivas y afectivas) de maestros y estudiantes entre los recursos de creación de significado disponibles en una situación particular (el aula de ciencias en este estudio) en un momento dado (MT-44).

Los modos de comunicación que operan en el aula son los medios a través de los cuales se realiza la retórica, mientras que al mismo tiempo la retórica da una forma particular a los modos de comunicación, realizándolos como elementos de acción social. La selección de modos por parte del profesor puede verse como parte del proceso retórico, cada modo ofrece al profesor o alumno, diferentes formas de representar el mundo como *conocimiento*. El proceso de organizar estos modos en un evento comunicativo implica la consideración de lo qué se debe comunicar, y cómo se puede hacer esto mejor, dadas las especialidades funcionales de cada modo disponible dentro del aula de ciencias, los intereses del comunicador y ajustándose constantemente a la audiencia. En resumen, el modo de comunicación entra poderosamente en la configuración del significado, tanto en relación con el conocimiento (¿es la imagen el mejor modo para representar la característica de este conocimiento?) como en relación con el público (¿es la foto la mejor manera? para captar la atención de mi clase en este momento?)(MT-17). Una dificultad con este enfoque analítico multimodal de la comunicación en el aula, es que hace que las interacciones en el aula más sencillas parezcan enormemente complejas.

Las definiciones clásicas de la retórica como la habilidad de un orador para persuadir a una audiencia llevan consigo una noción de retórica como un conjunto de dispositivos lingüísticos en relación con funciones particulares. El movimiento de un maestro en el aula, la interacción con los recursos y las acciones comunicativas sirven para comprender la relación del alumno con el conocimiento: la retórica del aula de ciencias. Los autores analizan la interacción en el aula con dos preguntas: ¿cómo se realizan los significados a nivel de modo? (como se discutió en la sección anterior); y ¿cómo se organiza retóricamente el aula de ciencias?

El objetivo de la multimodalidad es, precisamente, explorar los diferentes potenciales para proporcionar medios para expresar puntos de vista, posiciones, actitudes, hechos; y para permitir la producción de lo que mejor se adapta a una tarea o necesidad específica (Kress, 2015). Dada la diversidad de audiencias, las cuestiones de retórica y diseño entran en primer plano: qué modos son mejores dadas las características sociales de esta audiencia, en relación con ese contenido, con estas plataformas (Kress, 2015). El diseño es una cuestión de una multiplicidad de opciones interconectadas, todas hechas en relación con una evaluación retórica previa del entorno en el que se llevará a cabo la comunicación. La **tarea de diseño** como selección y disposición de recursos procede de acuerdo con criterios que deben ser claros. Se trata de principios de selección en relación con una gama de factores: los modos más adecuados en relación con la audiencia, el contenido, el diseño de la plataforma, el diseño.

2.5.2.2 *La construcción de significados y los modos*

Los diferentes modos de comunicación proporcionan diferentes dimensiones para la creación de significado y esto es cierto para las relaciones de todos los modos, acción no menos que la escritura. Este enfoque puede involucrar a los estudiantes en el trabajo, el pensamiento y el aprendizaje de formas que la escritura no puede. En resumen, un enfoque semiótico social ofrece una forma de comprender los potenciales de aprendizaje de todos los modos de comunicación más allá del lenguaje como habla o lenguaje como escritura, y da acceso a la gama de intereses y recursos que los estudiantes aportan al proceso de aprendizaje.

En la creación de significados, la enseñanza-aprendizaje no puede ser considerada como solo una realización lingüística, en su trabajo distinguen como modos semióticos distintos el habla y la escritura como resultado de sus materialidades bastante distintas: el medio del sonido versus el medio de la sustancia gráfica, e igualmente consideran las imágenes visuales, el gesto y la acción como modos, que también se han desarrollado a través de su uso social en recursos articulados o parcialmente articulados para la representación. Los autores exploran el repertorio completo de recursos de creación de significado que los estudiantes y los maestros traen al aula e intentan descubrir cómo están organizados estos recursos de creación de significado, para dar sentido a un enfoque multimodal de la interacción en el aula. La materialidad del gesto y la acción son más complejos que los lingüísticos o los visuales, ya que ubican la creación de significado en tres dimensiones: temporalidad (movimiento) en secuencia, espacial (posición) y desplazamiento en el espacio (tridimensional)(MT-12,29,16).

De sus trabajos queda claro que cada modo juega un papel distinto y diferente en la realización de estas funciones retóricas. Todos los modos se orquestan conjuntamente en una lección y en una serie de lecciones para construir significado a lo largo del tiempo. De esta manera, el significado emerge de un proceso de interacción, contraste y conjunción de los modos. El significado no es una cuestión de que cada modo tenga significados discretos dentro de su ámbito particular de potenciales, sino que el significado emerge del entretejido entre modos a través y dentro de un sistema multimodal.

2.5.2.3 *La acción en el aula y su clasificación*

Los aspectos tomados al analizar la acción lo describen en cuatro pasos. Primero, exploraron el papel de diferentes objetos semióticos en acción: qué tipos de cosas fueron manipuladas y cómo

es la interacción del maestro y los estudiantes con estos objetos. En segundo lugar, observaron la acción en relación con los otros modos que funcionan en el aula, para identificar actos en ese contexto particular en un momento particular y que tienen un significado funcional establecido. Tercero, realizaron un proceso de comparación y contraste para descubrir el papel de la acción en el evento comunicativo, contrastando la tensión entre modos, por ejemplo, lo que se dijo verbalmente y lo que se realizó a través de la acción. Cuarto, examinaron el contexto de la acción para identificar el significado funcional de la acción en relación con unidades de comunicación más grandes, por ejemplo, si la acción motivó, o inicio el diálogo, provocó la transición de un tipo de discurso a otro. Mediante la comparación de acciones, modos y contextos se identifican repeticiones, reiteraciones, patrones estructurados y transformaciones de acción.

Kress en sus investigaciones expresa que le interesa, la interpretación de la acción como un recurso para crear significado dentro del aula de clases. Igualmente, hace énfasis en que no sugieren que la realización de los significados a través del discurso oral y escrito sea menos importante, sino que lo visual es también importante. El análisis de la acción se clasificó, según ciertas formas convencionales.

- ***Las demostraciones imaginarias.*** Donde una identidad es llevada dentro de la existencia a través de la acción con el cuerpo, tal como el signo pantomímico, donde el cuerpo actúa como un signo retórico. Son usadas generalmente para trabajar: a) entidades que no pueden verse fácilmente (campos eléctricos, carga eléctrica), b) entidades teóricas (vectores, líneas de campo, flujo eléctrico) y c) aspectos históricos de entidades (el nacimiento y muerte de una estrella),
- ***La demostración con o sobre objetos materiales*** El profesor al frente de la clase se coloca detrás del mesón de trabajo. Aquí la autoridad del profesor y la que envuelve al equipamiento científico a través de su historia y su naturaleza especializada forman parte de la estrategia retórica usada para hacer las ideas científicas que aparentemente son intuitivas parecer más creíbles. Ej. Atracción entre cuerpos cargados
- ***El experimento.*** Involucra al profesor y los estudiantes con objetos científicos y del día a día. El experimento realiza la función retórica de construir ciencia a como la exploración colaborativa en equipo con los estudiantes como científicos a través de llevarlos dentro del hábito del científico por medio del manejo de equipo (osciloscopio, voltímetros, generadores, fuentes), es más usado en prácticas de laboratorio. El

experimento retóricamente también puede transformar lo cotidiano en la realidad del científico

- **La analogía** (Explican apoyándose en el comportamiento y movimiento de un gran número de fenómenos y objetos cotidianos, para hacer analogías a través de gestos y en su interacción con modelos).
- **La representación visual mediante la acción.** Referido a la interconectividad entre lo visual y lo accional en la producción de una imagen. Donde la acción de producir la imagen es tan importante como la imagen producida. Ejemplo: tema: Energía... el profesor llevo tarjetas con imágenes donde dibujaba trabajo y fuente y se debía emparejar la figura de trabajo dada con la fuente. Este proceso involucra a los estudiantes en una discusión donde salen a flote las diferencias entre entidades de cada día para luego lograr clasificarlas hasta llegar al acople correcto

2.5.2.4 *Los objetos que median la acción en el aula*

Las acciones en las aulas de ciencias a menudo son mediadas por una gama de objetos que pueden describirse de forma general como cotidianos o científicos. Los objetos científicos no tienen un significado para la mayoría de los estudiantes fuera del aula., a diferencia de los objetos cotidianos, se diseñaron específicamente para expresar significados científicos. Los objetos cotidianos son traídos al aula y son transformados temporalmente en nuevas entidades, a través de un proceso retórico de *replanteamiento*; adquiriendo a través de la explicación del profesor nuevas cualidades y funciones a través del manejo conceptual y la interacción en el aula para adquirir un nuevo significado y puedan ver el potencial científico dentro del día a día. Así, el marco retórico del aula de ciencias produce nuevas expresiones de los objetos materiales.

La acción de análisis en el aula de ciencias muestra que la acción y el habla se dan cuenta de diferentes significados en el entorno multimodal del aula de ciencias y tienen diferentes especialidades funcionales. El cambio entre modos en el aula representa un cambio en las posibilidades y demandas cognitivas y afectivas para el alumno. De esta manera, la acción, el gesto, la imagen y el habla se entrelazan para transmitir el significado y para dar forma retórica a la visión del mundo de los estudiantes de formas complejas que el lenguaje solo no puede realizar.

La enseñanza y el aprendizaje son mucho más que simples logros lingüísticos. Centrarse en el significado de la acción dentro del aula de ciencias llama la atención sobre aspectos importantes del aprendizaje que el lenguaje por sí solo no logra capturar. En particular, las formas en que la experiencia de ser un aprendiz está mediada a través de interacciones entre personas, objetos, equipos y materiales es crucial. Llamar la atención sobre cómo estas interacciones median el éxito o el fracaso centra la atención en el papel clave del maestro en el establecimiento y la orquestación de interacciones exitosas dentro del aula. El enfoque analítico desarrollado, llama la atención sobre aspectos de la acción que no necesitan una descripción y un análisis exhaustivos, pero que pueden servir como modelo para la interpretación, trayendo aspectos de la acción en el tiempo y el lugar a la conciencia del docente.

Fagúndez (2006) por ejemplo, señala propósitos del profesor al incorporar, elementos u objetos materiales en sus lecciones, que pueden ser: a) comprobar principios físicos: apoyándose en la utilización de elementos como pesas, banquillo giratorio y sistema rueda-eje, y con la participación de los alumnos para llevar a cabo las experiencias de conservación del momento angular, b) ilustrar el comportamiento de sistemas físicos: en este caso usa un bolígrafo para representar resortes y desarrollar una explicación acerca del “comportamiento” del mismo al ser estirado o comprimido, c) facilitar la visualización de entidades no visibles, para lo cual se basa en el movimiento de un bolso (entidad) que sujeta con la mano y que hace descender.

2.5.3 La visión de Mortimer y Scott

Scott (1998) presenta inicialmente el concepto de “*enseñanza narrativa*”, el cual tiene como objetivo proporcionar una estructura teórica general que reconoce el hecho de que la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el aula acontecen en una línea de tiempo durante la cual el docente, a través de sus intervenciones discursivas, guía a los estudiantes en el aprendizaje de la perspectiva científica. Cutrera y Stipcich (2016) en sus estudios de enseñanza y estrategias discursivas, describen estos tipos de intervenciones pedagógicas de forma esquemática. La narrativa de la enseñanza incluye diferentes formas de intervención didáctica dirigidas por el profesor hacia el logro de propósitos específicos (Ej. dar forma a las ideas, seleccionar ideas y destacar ideas.), el aspecto central de la enseñanza narrativa es la presentación de la historia científica en el plano social del aula para promover la construcción de significado de los conocimientos científicos.

Para analizar los procesos comunicativos en la construcción de significado se han realizado estudios, entre ellos destaca el modelo teórico y analítico presentado por Mortimer y Scott (2003); quienes desde la visión sociocultural del aprendizaje, de cómo el discurso social da origen al desarrollo del funcionamiento mental de los individuos y en la enseñanza - aprendizaje del maestro, analizan cómo se desarrolla el relato científico a través de secuencias de clases hasta construir una unidad didáctica. Dichos autores Mortimer y Scott (2003), resaltan la creación individual de significados como un proceso dialógico, donde se reúnen y trabajan entre sí, diferentes ideas a través del habla. Donde el lenguaje, habilita al profesor para dar soporte al estudiante, para dar sentido de la visión científica, sin descartar el lenguaje de los estudiantes para participar conscientemente en el proceso dialógico de creación de significados, dándole herramientas para pensar por si mismos a través de la visión del científico.

Mortimer y Scott (2003) presentan un enfoque para capturar y caracterizar el habla de ciencia en la escuela, que se basa en cinco aspectos enlazados, tomando en cuenta el rol del profesor al hacer disponible la narración científica, y en dar soporte a los estudiantes para dar sentido a esta narración: estos son: a) los propósitos de la enseñanza, b) el contenido de las interacciones en el aula, c) los enfoques comunicativos, d) patrones del discurso y e) la intervención del profesor. En Rangel y Castells (2010a) se presenta un ejemplo de estudio sobre la parte dialógica de las explicaciones. Buty y Mortimer (2008) presentan un estudio sobre una secuencia de enseñanza de física, analizando el discurso dialógico entre estudiantes, en el tema de óptica.

2.5.3.1 *El Propósito de la enseñanza.*

A medida que una secuencia de enseñanza se desarrolla, se dirigen diferentes propósitos de enseñanza dependiendo de la fase en particular, de la lección, (¿Cuál es el propósito logrado, en esta fase de la lección?), identificándose: a) la apertura del problema. Integrar intelectualmente y emocionalmente, al estudiantado, en el desarrollo de la historia científica, b) explorar y trabajar sobre la visión del estudiantado. Probar la visión y la comprensión de ideas y fenómenos específicos en el estudiante, c) introducir y desarrollar la narración científica. Creando los significados científicos, d) guiar a los estudiantes para trabajar con los significados científicos y su internalización, dando oportunidades al estudiante de hablar y pensar con nuevos significados científicos, dar soporte al estudiante para dar sentido, e internalizar, estos significados, e) guiar a los estudiantes en la visión científica, su aplicación y en cómo extrapolar su uso, ayudar al estudiante a aplicar el significado científico enseñado, en un rango de

contextos, f) mantener el desarrollo (coherencia) de la narración científica, comentando sobre las partes que la conforman, para ayudar a los estudiantes a seguir su desarrollo y ubicarlo dentro del currículo de la ciencia.

2.5.3.2 *El Contenido de las interacciones en el aula.*

Relacionados a los aspectos conceptuales, tecnológicos o ambientales del tema científico que se está enseñando, aspectos procedimentales de hacer ciencia. Se destaca el análisis de las interacciones en términos de tres categorías: a) *la ciencia de todos los días*. Permite identificar todo el lenguaje social, relacionando el lenguaje científico en el contexto social cotidiano, b) *descripción-explicación –generalización*. Característico del lenguaje social científico, c) *empírico-teórico*. Así descripciones y explicaciones basadas en propiedades observables directamente, o constituyentes de un sistema, son caracterizados como empíricas, mientras que aquellas entidades creadas a través del discurso teórico de ciencia, como por ejemplo el modelo de partículas microscópico son caracterizadas como teóricas.

2.5.3.3 *Los Enfoques Comunicativos.*

Son determinados por las formas en que el profesor trabaja con los estudiantes para dirigir las diferentes ideas que emergen durante la lección. (*¿Cómo trabaja el profesor con los estudiantes para trabajar la diversidad de ideas presentes en la clase durante esta fase de la lección?*) Se identifican cuatro clases de enfoques comunicativos, logradas según la categorización del habla profesor/estudiantes a lo largo de dos dimensiones. La primera dimensión representa el continuo entre el habla dialógico y el autoritativo; la segunda dimensión esta entre el habla interactivo y el no-interactivo. ***La dimensión Dialógico autoritativo:*** cuando el profesor trabaja con sus estudiantes para desarrollar ideas y la comprensión en el salón sus enfoques pueden caracterizarse a lo largo de esta dimensión, que tiene dos extremos: cuando el profesor escucha lo que el estudiante dice, según el punto de vista del estudiante (enfoque comunicativo dialógico, porque existe una exploración de diferentes ideas) o según el punto de vista de la ciencia escolar (enfoque autoritario comunicativo autoritario, porque sólo se escucha una voz). ***La dimensión Interactiva –no interactiva:*** En el sentido de que permite o excluye la participación de otra persona. El cruce de estas dimensiones produce cuatro clases de enfoques comunicativos.

2.5.3.4 *Patrones del Discurso.*

Se definen patrones como el patrón **(I-R-E)**, (interacción triádica) iniciación o pregunta del profe, respuesta del estudiante, evaluación del profesor. Los patrones **(I-R-F)** e **(I-R-F-R-F)** aquí en vez de hacer una evaluación de la respuesta del estudiante, el profesor da un *feedback* al estudiante o elabora sobre la respuesta del estudiante, dando al estudiante soporte desarrollando su propio punto de vista; este patrón puede ocurrir en cadena de interacciones donde el feedback desarrollado por el profesor sigue de la respuesta del alumno y así sucesivamente.

2.5.3.5 *Intervención del Profesor.*

Enfocada a ¿Cómo el profesor interviene y desarrolla la historia científica, en este punto de la lección, y la hace disponible a todos los estudiantes en la clase? formando ideas, solapando ideas, seleccionando ideas, resaltando ideas claves, compartiendo ideas, verificando la comprensión con los estudiantes, repasando. Existen diferentes formas en que el profesor interviene para introducir a sus estudiantes en un nuevo aspecto de la ciencia. En este desempeño, el profesor: -reconoce la visión cotidiana y las diferencias de la visión de la ciencia de escuela. -adopta una voz especial para señalar la importancia de partes claves en la charla. - Enfatiza palabras claves en la explicación. -estimula a los estudiantes para ayudar a desarrollar la explicación científica. -Verifica el significado de los estudiantes. -Repite la explicación científica -resume las ideas claves.

3. Diseño metodológico

✚ En este capítulo se presenta la metodología de la investigación, compuesta por: la perspectiva metodológica, el contexto de la investigación, el tipo de investigación, el diseño metodológico, el marco analítico y la descripción del proceso de análisis. Se presenta el proceso seguido para la creación del conjunto de datos que finalmente se analizaron y que forman la data final, el cual pasó por un proceso de clasificación y selección antes de pasar a la etapa de transcripción multimodal. La construcción del marco analítico está basada en los referentes teóricos de la investigación formada por una estructura triangular: la didáctica-retórica-argumentativa, basada en la teoría de la nueva retórica de Perelman, complementada con la perspectiva didáctica comunicativa de la historia científica de Ogborn y Mortimer, que se estructuran desde la perspectiva de multimodalidad de la acción del profesor en el aula, desde los referentes de Lemke, Kress, Jewitt, Ogborn y Martins. De este ensamble se diseñaron un conjunto de categorías que fueron guía para el análisis de las explicaciones. Se muestra la estrategia para el diseño de las tablas de análisis, y la presentación de la estructura de los siguientes capítulos a fin de facilitar la comprensión del estudio.

3.1 Enfoque metodológico.

Para fundamentar la selección del enfoque metodológico, se realizó una mirada reflexiva sobre los aspectos ontológicos, epistemológicos, axiológicos y metodológicos de generación del conocimiento, que se presenta resumida en la tabla 3.1, y que se describe a continuación.

Tabla 3.1. Características que dirigen el enfoque de la Investigación

Perspectiva Ontológica	<i>El objeto de estudio es de naturaleza social.</i> El proceso de enseñanza es social, no se restringe sólo a los conceptos científicos trabajados, sino que integra al estudiante dentro de una comunidad a través del hacer del profesor actuando en el aula.
Naturaleza del objeto de estudio.	
Perspectiva Epistemológica.	<i>La generación del conocimiento es constructivista partiendo de una visión de la realidad interpretativa.</i> La realidad es subjetiva y nace de la interpretación de las personas, y adquiere significado desde la construcción social, con la interacción entre el sujeto y el objeto de conocimiento. El conocimiento se construye a partir de la interacción entre seres humanos y el mundo, se desarrolla y transmite en contextos netamente sociales.
Visión de la realidad y de la generación del conocimiento	
Perspectiva Axiológica.	<i>Interpretativa.</i> El significado está inmerso en las experiencias de los individuos, pero este significado se media a través de las percepciones propias del investigador. Parte del conocimiento que se da a través de la experiencia del investigador, de los procesos de enseñanza desarrollados en el aula.
La forma de acceder al conocimiento.	
Perspectiva Metodológica.	<i>Deductiva-Inductiva.</i> Deductiva, ya que el investigador parte de un marco teórico, para la obtención de la información sobre el proceso de enseñanza de los profesores. Inductiva, porque necesita del conocimiento del investigador sobre cómo se suceden las interacciones entre el profesorado y los alumnos, para desarrollar conceptos y teorías que servirán para fundamentar los resultados, <u>a través de la inferencia inductiva resultante de los análisis y la verificación de lo observado.</u>
La forma de construir el conocimiento.	



Enfoque Metodológico Seleccionado: Cualitativo

Fuente: Elaboración propia.

La Perspectiva Ontológica o naturaleza del objeto de estudio.

El objeto de estudio de la presente investigación es la acción de los profesores durante su proceso de enseñanza en el aula. El mismo ocurre como proceso social donde intervienen el profesor y los estudiantes a lo largo de las explicaciones. Se entiende la enseñanza como un acto de comunicación específica, como un proceso social que depende no sólo del conocimiento y habilidades científicas, sino que involucra también las actitudes, valores e intereses sociales. Por otra parte, se concibe la enseñanza como una práctica social aprendida, internalizada por el docente, que debe exteriorizarse para que los estudiantes la internalicen. No se restringe a los conocimientos científicos, sino que integra las experiencias, sentires y percepciones particulares de los sujetos que se reproducen y recrean en el acto de enseñar. Así pues, este objeto de indagación está representado, de forma global, por *acciones sociales*. En este caso, por las acciones sociales desarrolladas por los profesores en el contexto de sus explicaciones

universitarias sobre tópicos de física electromagnética. Este objeto de estudio, por lo tanto, es de naturaleza social.

La Perspectiva Epistemológica. La visión de la realidad y el conocimiento generado.

La perspectiva epistemológica se refiere al modo de conocer la realidad y las condiciones bajo las cuales, a partir de los hechos y los objetos, se puede generar conocimiento. En otras palabras, lo epistemológico se refiere a la forma de comprender y explicar cómo se conoce lo que se sabe: el tipo de conocimiento que se obtendrá, sus características y el valor de sus resultados (Sandín, 2003). Es decir que el investigador al abordar una realidad asume una postura epistemológica que le permite explicar cómo va a obtener conocimiento de la misma, el estatus que se debe asignar a las interpretaciones y comprensiones que se alcanzan, todo lo cual depende de cómo ve esa realidad y su interacción con ella. En relación con cómo se ve esta realidad, Crotty (1998), citado por Sandín, señala que las tres perspectivas fundamentales son: el objetivismo, el constructivismo y el subjetivismo.

El objetivismo epistemológico implica que la realidad y su significado existen independientemente del sujeto que la aprehende.

En la epistemología construccionista, la realidad se construye o emerge de la interacción entre el sujeto y el objeto; el conocimiento se construye a partir de la interacción entre seres humanos y el mundo, se desarrolla y transmite en contextos netamente sociales. En la intencionalidad del construccionismo hay una activa relación entre la conciencia del sujeto y el objeto de esta, por lo que están unidos en una intersubjetividad compartida; se genera una construcción social del conocimiento y se generan significados colectivamente en procesos sociales.

En el subjetivismo el significado no emerge de una interacción entre el sujeto y el objeto sino de la “imposición” del primero sobre el último.

Desde este punto de vista, la realidad es subjetiva porque nace desde la interpretación de las personas, pero que adquiere unos significados desde la construcción social. Además, la realidad es vista en forma holística dónde cada uno de los componentes incide en el otro, dado que se basa en las interpretaciones de los individuos que comparten acercamientos a la realidad.

La investigación, por tanto, se sitúa en una perspectiva epistemológica construccionista, centrando su atención en el mundo de la intersubjetividad compartida y la construcción social del significado y el conocimiento, hacia la generación colectiva del significado. Se desarrolla en

contextos esencialmente sociales (aulas de clases), constituidos por seres humanos (profesor-estudiantes) cuando éstos interactúan con el mundo que interpretan, y con el contexto en el que las prácticas sociales tienen lugar.

Perspectiva Axiológica. La forma de acceder al conocimiento.

Es interpretativa. Los valores e ideas del investigador sobre la situación problemática que interesa conocer serán explicitados en el apartado dedicado al planteamiento del problema y de formular las preguntas de la investigación, y son determinantes en la interpretación de los hechos que haga el investigador. El evidenciar valores y puntos de vista del investigador dará credibilidad a sus análisis y conclusiones.

Perspectiva Metodológica. La forma de construir el conocimiento.

Esta Investigación es *deductiva-inductiva*. Tiene un carácter deductivo, ya que el investigador parte de unos marcos teóricos preliminares, que deben irse corroborando con la realidad del contexto específico para la obtención de la información sobre el proceso de enseñanza de los profesores, y por eso se puede considerar fundamentalmente inductiva, ya que se necesita conocer como suceden las interacciones entre el profesorado y los alumnos, para desarrollar sus conceptos y adaptar teorías para justificar los resultados; y en este caso se hará a través de la observación y el análisis, en un proceso que será de generación del conocimiento. La inferencia inductiva resultante de la verificación de estas respuestas formará parte de las interpretaciones y explicaciones iniciales y permitirá aportar nuevos datos que ampliarán y complementarán las estructuras y conceptos.

La investigación es guiada por teorías de *análisis del discurso*. Sin embargo, se va estructurando en función de los sucesivos hallazgos obtenidos durante el proceso de investigación (sobre la marcha). La validación de las conclusiones obtenidas se hace a través del diálogo, la interacción y la vivencia; las cuales se van concretando mediante consensos nacidos del ejercicio sostenido de los procesos de observación, reflexión, diálogo, construcción de sentido compartido y sistematización. Por lo tanto, la metodología de la investigación se sitúa dentro del *paradigma cualitativo descriptivo interpretativo*.

En base a las reflexiones presentadas en los párrafos anteriores, se confirma que una *metodología cualitativa* es la más adecuada para desarrollar la investigación. Coherente con esta opción y teniendo en cuenta el contexto educativo de la investigación que pretende ofrecer información que pueda ser útil para la formación didáctica de profesores universitarios de física,

en una facultad de ingeniería en la que dominan las clases magistrales, se ha escogido emprender un *estudio de caso* sobre este tipo de clases en una facultad de una universidad de Venezuela.

3.2 El estudio de caso como estrategia en la investigación educativa.

La complejidad propia de la realidad educativa determina la existencia de múltiples perspectivas para conceptualizar y abordar científicamente su estudio. Según la naturaleza de los datos, la investigación será cualitativa, se obtiene información a través de la observación, las voces y actuaciones de los participantes, buscando comprender la realidad desde una concepción holística de la misma. Con este propósito los métodos cualitativos, como las etnografías o los estudios de caso ofrecen un proceso más adecuado porque son naturalistas, es decir, se realizan en una situación natural tal como es y sin el control riguroso propio de la investigación de laboratorio.

El Estudio de Caso.

La estrategia de indagación seguida en la investigación es el estudio de casos (Stake, 1998). El estudio de casos es un método de investigación cualitativa que se ha utilizado ampliamente para comprender en profundidad la realidad social y educativa, y se comparte la visión de Stake como el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias concretas. Su verdadero potencial yace en su capacidad para generar hipótesis y descubrimientos, en centrar su interés en un individuo, evento o institución, y en su flexibilidad y aplicabilidad a situaciones naturales. Latorre et al (1996: 237) señalan las siguientes ventajas del uso socioeducativo del estudio de casos:

- Puede ser una manera de profundizar en un proceso de investigación a partir de unos primeros datos analizados.
- Es apropiado para investigaciones a pequeña escala, en un marco limitado de tiempo, espacio y recursos.
- Es un método abierto a retomar en otras condiciones personales o en instituciones diferentes. Por ejemplo, el diseño de casos múltiples se presta especialmente a este propósito al aportar la posibilidad de contrastar la información obtenida entre los diversos casos parciales analizados.

- Es de gran utilidad para el profesorado que participa en la investigación. Ya que favorece el trabajo cooperativo y la incorporación de distintas ópticas profesionales a través del trabajo interdisciplinar; contribuyendo así al desarrollo profesional, al propiciar la reflexión sobre la práctica y la comprensión del caso a través de la búsqueda de información desde distintas perspectivas.
- Lleva a la toma de decisiones, a implicarse, a desenmascarar prejuicios o preconcepciones.

Para ser más concreto, en este estudio se parte de la concepción de investigación que califica como casos a aquellas situaciones o entidades sociales únicas que merecen interés en investigación. Así, por ejemplo, para la investigación viene representado por la comunidad educativa del *departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo*, con sus creencias, prácticas e interacciones, con una determinada forma de intervenir del profesorado, y un programa de enseñanza.

3.3 Contexto de la investigación. Tipo de investigación

Las reflexiones de los apartados anteriores contribuyen a concretar la investigación desde la *perspectiva cualitativa*, aplicando la *metodología social-descriptiva- interpretativa* y con método de *estudio de caso*.

Se trata de un *estudio descriptivo e interpretativo de caso* donde se intenta captar procesos y cómo estos se desarrollan. En el caso que se estudia, el investigador no es un elemento externo, ya que trabaja profesionalmente en el mismo contexto donde se realiza la investigación y esta circunstancia es fundamental para ayudar en los procesos de interpretación. De hecho, el investigador es un elemento más del ambiente, que puede explorar toda la riqueza y la diversidad que normalmente exige la enseñanza en el aula y los procesos que en ella se

Algunas particularidades del caso de estudio, es que ha sido motivado, profesionalmente por la búsqueda de información para el *desarrollo de planes de formación docente para los profesores de Ingeniería*, como se ha comentado en el capítulo 1 en la definición del problema. La investigación no pretende hacer generalizaciones universales, aunque puede ser de utilidad para contextos educativos similares.

En el ámbito de didáctica de las ciencias experimentales este estudio forma parte de una línea de investigación que se ha ido desarrollando durante diversos años en la Universidad de Barcelona, que utiliza el análisis del discurso en base a diversas perspectivas teóricas del ámbito pedagógico-retórico-argumentativo, muy centrado en la teoría de la argumentación de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000), así como en los modelos de Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy (1996) y de Mortimer y Scott (2003) que ya han dado algunos frutos que son el antecedente principal de esta investigación (Castells, Erduran y Konstantinidou (2010), Castells, Enciso, Cerveró, López y Cabellos (2007), Fagúndez, (2005, 2006), Rangel, (2005); Fagúndez, Rangel y Castells, (2011, 2013), Rangel, Castells y Castello (2017), Konstantinidou, Cervero y Castells (2010), Konstantinidou, Castells y Cerveró (2010), Fagúndez y Castells (2007, 2012).

3.3.1 Participantes en la Investigación.

Como ya se ha comentado en la presentación del problema, y en el apartado anterior, la experiencia se llevó a cabo en Venezuela, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Específicamente se centra en explicaciones de profesores en clases de Física.

Sujetos de estudio

Los sujetos considerados para participar en el estudio, habían de ser profesores adscritos a la plantilla docente del Departamento de Física de los Estudios básicos de la facultad. Para la selección se pensó que habría de ser de edades y experiencia en la docencia diferentes, y que preferiblemente que incluyese a profesores y profesoras. Por el hecho que la investigadora forma parte de la plantilla de profesores del Departamento de Física de estudios básicos de la Facultad, se pensó en seleccionar profesores de este departamento, y para aprovechar que la investigadora suele dar la docencia de la Física electromagnética de segundo año, y que conoce por lo tanto el contexto tanto del departamento como de la asignatura, se escogieron para la investigación a docentes de la asignatura de Física II, con la intención de observar sus clases de física electromagnética de esta asignatura.

Los profesores en esta memoria de la investigación se reconocerán por los nombres: Laura, Montse y Pere. A continuación, se presenta una breve información sobre cada uno de los profesores, *para el momento de realizarse la toma de datos*:

Laura es la profesora con mayor tiempo de labor docente, es ingeniero electricista, graduada en la misma facultad donde imparte la docencia, a punto de jubilarse. Además de otras actividades de gerencia para la dotación y actualización de los laboratorios, así como la formación académica del departamento, ha realizado talleres dirigidos a los profesores del departamento, ha sido tutora de los nuevos profesores, para colaborar así con su formación pedagógica. Profesora con gran sentido de pertenencia a la Facultad, y compromiso docente. Para ella la asignatura es indispensable para la formación del ingeniero. Se ha desempeñado como profesor y jefe de cátedra de las Asignaturas de mayor población estudiantil: Introductorio de Física, Física I, Física II y Laboratorio I de Física. Forma parte del equipo que diseña las evaluaciones de selección múltiple para las pruebas de admisión a ingeniería y las pruebas del Curso Introductorio.

Montse es licenciada en Física, graduada de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, con cinco años de desempeño académico. Ha impartido docencia en las asignaturas de: Introductorio de Física, Física II, Laboratorio I de Física, Física Moderna y Ondas, laboratorio II de Física. Ha asistido a los talleres de formación y realiza estudios de maestría en enseñanza de la física. Sobre el bajo rendimiento de los estudiantes comenta: “A los estudiantes les cuesta comprender electromagnetismo, les cuesta ver el fenómeno físico y es necesario reforzar las clases con demostraciones...”

Pere es Licenciado en Física, graduado en la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo. Graduado muy joven, con casi dos años de docencia en la universidad. En el campo de la investigación, sus trabajos se sitúan en el área de la superconductividad.

La investigadora también es profesora de la misma universidad y departamento que los profesores que participaron en el estudio, se puede considerar que la investigadora interviene de forma indirecta en la investigación. La investigadora es ingeniero electricista, con desempeño en el área de sistemas y automática aplicada al área industrial y militar: egresada de la misma Facultad donde se realiza el estudio. Profesora con más de 20 años de antigüedad en el departamento de Física; es decir ha pertenecido al mismo contexto universitario como estudiante y actualmente como profesora titular. Ha trabajado en el Departamento como profesora en diversas asignaturas, Física I, Física II, Laboratorio I de física, Laboratorio II de física, como jefe de cátedra de Física II y de Laboratorio II de Física, como coordinadora de investigación, coordinadora de auditoría, y como jefe del Departamento de Física. Todo lo

anterior deja ver el conocimiento y la pertinencia de la investigadora en el contexto de estudio desde los contenidos, la interacción con los estudiantes y profesores, la problemática académica y gerencial.

3.3.2 Acceso al escenario y papel del investigador

Para realizar el estudio hizo falta tomar ciertas decisiones, entre otras en relación al acceso al escenario y al papel del investigador.

Acceso al escenario. Previo, a la toma de datos de la investigación fue necesario cumplir etapas que contribuyeran a crear un escenario educativo lo más cercano al natural, que permita su observación. Para ello se realizó un proceso de informar al profesorado del Departamento de Física sobre el proyecto de investigación en la Universidad de Barcelona, de sus objetivos didácticos y académicos con la finalidad de contribuir a una mejora de la práctica docente. Tal proceso, trató de motivar la aceptación y participación del profesorado adscrito al Departamento de Física en el estudio, y por tanto contar con su buena disposición para aceptar el ingreso de otro profesor a sus clases para ser grabadas en audio y video. Es importante señalar lo difícil que resulta aceptar, para un profesor, que otro profesor observe en su clase.

Una vez obtenida la aceptación de los profesores, el siguiente paso fue informar al alumnado sobre el objeto de la presencia de un profesor conocido, con cámara y trípode, recibiendo clases junto con ellos. Posteriormente se pasó a la etapa de integración en las aulas durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, junto con los alumnos regulares para filmar con cierto grado de aceptación psicológica, necesario para que el auditorio se pueda desenvolver cómodamente.

Papel del investigador. La investigadora asume la tarea de realizar la filmación de las clases, actuando como observadora. Se parte de una serie de supuestos con el fin de facilitar la tarea del análisis, y estos son, que:

- El observador no interfiere en el desarrollo de la clase
- El docente observado ha aceptado tal situación, la presencia del profesor y cámara en el aula, en los términos en los que se concibe la observación de las clases dentro del marco de la formación del propio investigador que hace el estudio y de nuevos profesores (no como una evaluación de su docencia).

- El profesor observado asume frente al observador un perfil de profesional docente con amplia experiencia y despliega parte de su arsenal de estrategias didácticas durante su docencia a un grupo no reducido de alumnos.
- La observación no intenta evaluar el conocimiento específico que sobre la asignatura tiene cada profesor.

3.3.3 La selección del tema de Física.

El bajo rendimiento de los estudiantes en las materias teóricas del Departamento de Física en general ha sido motivo de preocupación para intentar buscar soluciones. La Física al enseñar el comportamiento de la naturaleza en sí, debería ser interesante para el estudiante, sin embargo, la física aplicada al análisis del comportamiento de sistemas definidos conlleva el aprendizaje de análisis matemático, normas, procedimientos, vocabulario, formas de representación y resolución de problemas, que le dan un alto grado de dificultad de enseñanza-aprendizaje tanto para estudiantes como para profesores. Esta constatación conduce a la necesidad de trabajar para la mejora del proceso de enseñanza del profesor de física, para que pueda repercutir sobre la formación de los estudiantes.

Las anteriores reflexiones llevan a centrar la investigación en un tema específico de Física. Dentro de los conceptos de Física se seleccionó el tema de Electromagnetismo, debido a la complejidad que presentan los conceptos, además de su carácter abstracto, por no ser fácilmente visibles ni tangibles. Son conceptos que exigen de estrategias visuales para su aprendizaje.

El inicio de cada curso es la parte más importante ya que en él se establecen las características en cuanto: a) el aula, el profesor da a conocer su estilo o forma de ser en clases y reconoce cómo está formada su aula, el estilo de los estudiantes, cómo reaccionan a sus explicaciones, qué estrategias le funcionan más o menos para facilitar su comprensión; b) el contenido: el grado de dificultad de la materia, formas de organización del aprendizaje, estrategias de evaluación, entre otras. Por eso, la parte inicial de un curso será muy interesante para la investigación; y se concreta en clases iniciales de electromagnetismo, que incluyen los contenidos sobre carga eléctrica, ley de Coulomb y campo eléctrico, flujo eléctrico y la ley de Gauss.

Las clases recogidas forman parte de un Curso especial de avance y nivelación, más conocido en el contexto como “curso de verano”, ya que se desarrolla durante el período de vacaciones.

El curso de verano. Es un curso de cinco semanas, donde los estudiantes pueden adelantar o recuperar hasta dos materias. Las clases de la asignatura de física, son impartidas cuatro días a la semana, y cada sesión tiene una duración máxima de tres horas por día. Se crean las secciones ocupando tres horarios: a) el de la mañana, de siete a diez de la mañana; b) media mañana, de diez a una del mediodía y c) el de la tarde, de dos a cinco. Los profesores están distribuidos según su horario como sigue: Pere, da sus clases a primera hora de la mañana, de lunes a jueves, y adicionalmente ha fijado un día extra (el viernes) para atender a los estudiantes en el aula. Montse, imparte su docencia a media mañana, de lunes a jueves, y Laura, lo hace por la tarde.

3.3.4 Las escalas de tiempo en la descripción de las explicaciones

El proceso de enseñanza en el aula, se puede describir en forma de acciones, eventos, procesos característicos que ocupan distintos plazos de tiempo. En concordancia con Lemke (2000, 2001), para el análisis de los datos se han considerado las jerarquías de escala en grupos de tres niveles a la vez. El criterio de estudio por escalas de tiempo los describe Lemke de la siguiente forma: llámese al nivel medio de cualquiera de esos grupos el nivel focal, o el nivel N, el foco de interés por el momento, donde los procesos en el nivel N - 1 son constitutivos de procesos en el nivel N; y los del nivel N son parte de procesos de escala de tiempo más largos en el nivel N + 1. Los procesos de mayor escala determinan lo que es probable en el nivel focal. Cada nivel le da sentido al siguiente.

Basados en la misma visión de Lemke, pero aplicada más recientemente en el área del análisis de las explicaciones en el aula de ciencias, se encuentran las investigaciones de Tiberghien, Badreddine y Cross (2018), Tiberghien, Cross y Sensevy (2014); Badreddine y Buty (2011); Badreddine (2011), Tiberghien y Malkoun (2007), Tiberghien, Malkoun, Buty y Sawayssi, Mortimer (2007); quienes definen tres escalas de tiempo diferentes para un análisis de los fenómenos relacionados con el proceso de enseñanza y aprendizaje, y que son al final las escalas de tiempo seleccionadas para el desarrollo de los análisis llevados a cabo en el presente estudio.

1. La **escala macroscópica** concierne a los temas que forman las sesiones de clases de este estudio, y cada sesión se corresponde con el tiempo académico de una semana dentro de un programa curricular estándar. En la presente investigación esta secuencia de enseñanza está compuesta por sesiones de clases continuas, cada una formada por secuencia de **temas** que abarcan unos 30 minutos o más, y estos a su vez formados por cadenas de varios subtemas, hasta formar una secuencia de la clase dentro de un

programa curricular estándar, El título de un tema representa el contenido del tema; su formulación por parte del investigador debe ser lo más cercana posible al discurso efectivo.

2. La **escala mesoscópica** corresponde a un análisis temático para dar cuenta del significado del discurso en el aula desde la perspectiva del conocimiento. Tal escala meso apunta a estructurar **los subtemas** de cada sesión. Comprende o abarca el intervalo de tiempo entre 1 y 15 minutos de construcción de contenidos específicos, formada por los **subtemas** o **segmentos** temáticos. El conjunto de varios segmentos forma un tema y estos a su vez forman la sesión de una clase

El subtema o segmento temático, corresponde a la unidad de análisis mesoscópica. Esta unidad que estructura una sesión de enseñanza abarca desde unos minutos hasta 15 minutos. Su delimitación depende del conocimiento y de la forma de comunicación.

Los segmentos temáticos juegan dos roles: a) descomponen el discurso del aula en unidades más pequeñas en un orden cronológico y b) permiten investigar cómo se introducen los elementos del conocimiento con el discurso verbal, la acción o distintos recursos multimodales en periodos cortos. Son el enlace macro-meso-micro.

3. La **escala microscópica** que representa una granularidad todavía más pequeña, alrededor de uno a dos minutos denominadas en el estudio **episodios**, y donde se presentan eventos específicos como algunas acciones modales o verbales. Permiten centrar la atención en eventos muy específicos.

A los efectos académicos de la presente investigación, se utilizaron los términos de niveles macro, meso y micro de análisis. La figura 3.1 muestra el esquema de segmentación de los datos para esta investigación. Cada **tema** se subdivide en **subtemas** o **segmentos** temáticos, que son partes de los temas de aproximadamente entre 10 o 20 minutos, que tienen un sentido global, y que permiten observar el desarrollo de la construcción de significados científicos por parte de cada profesor a lo largo de un período de tiempo más corto que el correspondiente a un **tema**. No todos los segmentos tienen la misma duración. Se definen por su sentido global. Los segmentos a su vez, para un estudio más detallado, se dividen en parte más pequeñas o subsegmentos de una duración que va desde segundos a unos pocos minutos, y que se denominó episodios como lo describió Mortimer, Massicame, Tiberghien y Buty (2007, en Badreddine y Buty, 2011), un conjunto coherente de las acciones y significados producidos por los participantes en una interacción de clase. El análisis a múltiple escala fue realizado con el fin de

enriquecer los niveles de descripción de la explicación de los profesores con la estructuración dada por las diferentes escalas y de su interpretación

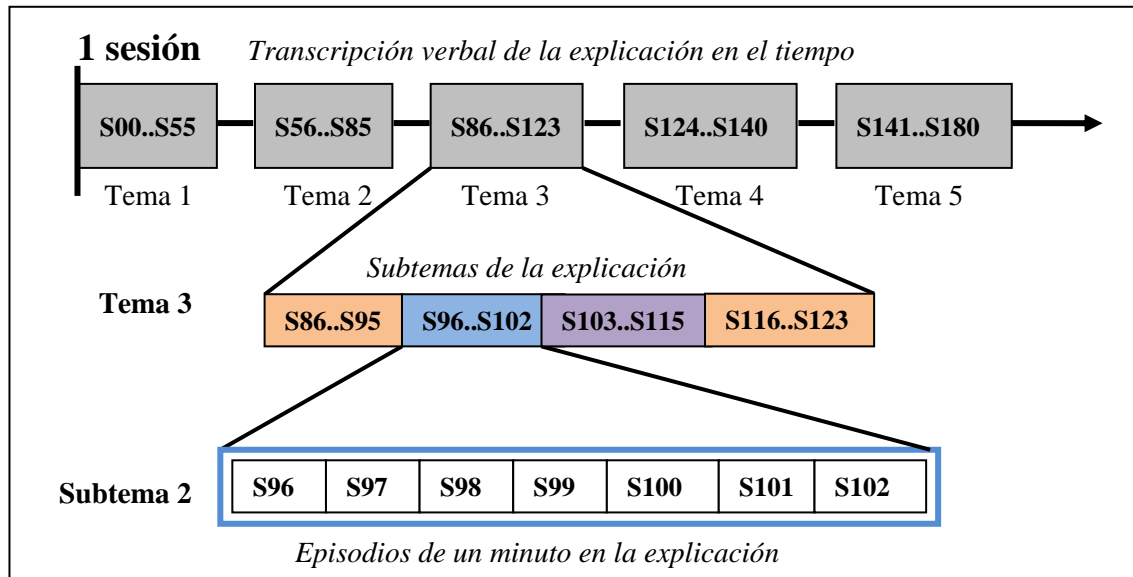


Figura 3.1. Técnica de segmentación usada en la recolección de datos.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Esquema de la investigación

Para el esquema de la investigación se tomó como referencia las etapas características para investigaciones cualitativas en el campo de la educación: diseño de la investigación, recogida de información, análisis de los datos extraídos de la información recogida, extracción de resultados, síntesis de resultados y conclusiones.

El análisis del discurso de las explicaciones, es un proceso recursivo: inicia, va al final y regresa; por lo que no ha de verse lineal, sino más bien como una espiral que en cada ciclo surte nueva información que alimenta a la próxima vuelta, hasta llegar a obtener la estructura que cumpla los objetivos planteados al inicio del estudio. Lo anterior hace que las diferentes etapas sean vistas como una red o círculo con algunas de las etapas como simultaneas, y no ver un orden que se da siempre de la misma manera.

En la memoria para describir la investigación se han enumerado etapas de cada proceso y esta numeración sirve para presentar la investigación concreta como se muestra en la figura 3.2. en

forma de un esquema que va a servir para orientar y presentar el desarrollo de la investigación que incluye **seis etapas** que se describe en la sección siguiente.

➤ **Etapla 1: *Diseño de la investigación*** (presentada en el capítulo 1)

➤ **Etapla 2: *Recogida de información y presentación de datos***

- a) *La recogida de la información*, consiste en grabaciones de clases en forma de *videos*, observaciones y *notas* del investigador. Es importante destacar que la información recabada de las explicaciones es continua en el tiempo, sin vacíos de información entre ellos; esto es compatible con la teoría que subyace la investigación y en la forma de recogida de información, que fue secuencial, siguiendo como se iban dando las clases a lo largo del tiempo.
- b) La presentación/transcripción de la información recogida. La misma se hizo en tablas diseñadas en las que se vació la información requerida, según el nivel del análisis.
- c) Para el momento de la transformación de la data, se consideró la visión de lo que se perseguía, en función del diseño de la investigación y el marco teórico: lo que dió como resultado el diseño de las categorías en las que se basó el análisis de la investigación

Etapla 3: Nivel Macro. Análisis de las secuencias explicativas. *La construcción de la historia*, dirigido a obtener las historias, o unidades didácticas, a partir del análisis de las secuencias explicativas de los profesores. Corresponde a la primera mirada a las explicaciones de los tres profesores, analizadas a partir de las categorías didácticas del orden del contenido, del tiempo, siguiendo el hilo argumental conceptual, y su organización temática en la explicación. De este primer análisis, aunado a criterios de diseño según los objetivos de la investigación y del contexto educativo, se seleccionan los segmentos que sirvieron para la construcción de las unidades didácticas que servirán para los análisis en los siguientes capítulos. Como resultado del análisis se construyeron cinco unidades didácticas que conformaron los capítulos 6, 7 y 8 para el análisis meso-micro.

Sobre los recursos para el diseño de los análisis. Se presenta la visión, de las miradas a las unidades didácticas construidas, en esta investigación simbolizado en la figura 3.2 a través de una pirámide de base cuadrada formada de cuatro caras triangulares que

representan las lentes por donde se mira, o las formas de ver la explicación; y que reposan sobre la base que representa a la historia explicativa construida. Estas lentes están formadas por el saber dado por el profesor en su contexto educativo, y las perspectivas obtenidas desde el marco teórico: la visión didáctica (dimensión 1), la visión retórica argumentativa (dimensión 2) y la visión multimodal (dimensión 3). En ellas se representan las tres miradas desde las que puede analizarse la explicación del profesor de física con el fin de obtener información didáctica, retórica- argumentativa y multimodal de la historia. Estas forman la pirámide que guían el diseño de los capítulos 6, 7 y 8.

Luego de los análisis, se produjo una interrogante ¿cómo se puede representar gráficamente a la explicación? Y surgen otros recursos (la dimensión T), que de forma inductiva y con base a ideas de otros trabajos, llevaron a dos formas de representación *la gráfica de tensiones* y el *esquema de barras modal*, que se utilizan en los capítulos para representar el desarrollo de la historia de forma gráfica y completar la caracterización. A continuación, las etapas 4 y 5, con análisis y resultados, para la caracterización de la historia explicativa.

- **Etap 4. La mirada a la historia construida.** Estudia la interacción de las tesis y argumentos, y las tensiones en la historia explicativa, tiene el fin de describir las explicaciones de los profesores de física, combinando dimensiones de análisis diferentes, para cada historia construida, y se distribuyen en dos capítulos. Y según la mirada, se conformaron los análisis sobre las historias, que dieron lugar a dos capítulos de análisis y resultados, identificados de la siguiente forma:

1. **Capítulo seis: La mirada argumentativa: *La carga eléctrica (análisis y resultados)*.** Es la primera historia construida, analizada desde *la mirada argumentativa y multimodal*; formada desde la construcción de los argumentos: premisas, tesis y argumentos, el comportamiento de los macro -argumentos en la explicación, y el comportamiento multimodal de algunos argumentos. En este capítulo se describe la historia, desde las tesis y premisas, los argumentos y la multimodalidad en la explicación, mostrando estrategias para presentar el análisis de las premisas, la interacción de los argumentos y la construcción de argumentos multimodales. Se presentan resultados de los elementos característicos obtenidos del análisis de los segmentos que forman la historia construida.

2. **Capítulo siete: La mirada didáctica y trayectoria de tensiones: *Las líneas de campo eléctrico (análisis y resultados)***. Corresponde a la segunda historia construida, analizada desde *la mirada didáctica y multimodal de la explicación*. En este capítulo se trata de caracterizar la construcción de la historia explicativa del profesor de física, analizada desde la construcción de significado para las líneas de campo eléctrico, desde las partes básicas que estructuran un tema: introducción, definición, ejemplo y resolución de problemas. Se integra el segundo nivel de análisis para obtener la representación gráfica de la historia en función del tiempo, a través del análisis de tensiones o conflictos cognitivos durante la explicación. Se presentan resultados de los elementos característicos obtenidos del análisis de los segmentos que forman la historia construida por los tres profesores, con énfasis en la visión didáctica.

Se recuerda que la estructura *de la mirada del análisis a la historia explicativa* se describe de manera gráfica en la figura 3.2 como *una pirámide de cuatro caras*, que reposan sobre la base de la historia construida.

- **Etapas 5: Capítulo ocho: Tres miradas y tres historias: *Flujo eléctrico y Ley de Gauss. (análisis y resultados)***. Comprende un macro capítulo con las miradas anteriores con énfasis en los escenarios y la multimodalidad, realizadas sobre tres unidades didácticas, que forman la tercera, cuarta y quinta historia. Se orienta a analizar y comparar desde las tres dimensiones: didáctica, argumentativa y multimodal, una historia por cada profesor, con la explicación de un concepto cuya definición es construida utilizando un mismo sistema. En este capítulo se trata de encontrar hallazgos, entre las distintas formas de construir la historia explicativa por los tres profesores en un mismo tema. La mirada sería didáctica, retórica, argumentativa y multimodal. Se integra el segundo nivel de análisis que es la representación de cómo se construye la historia desde la interacción de los modos comunicativos durante la explicación. Se pretende además mostrar el desarrollo de la explicación de los profesores en escenarios similares. Se presentan los resultados para cada profesor, analizado desde las tres dimensiones y su representación gráfica de la interacción multimodal.
- **Etapas 6: *Resultados globales de la investigación***. Se reúnen y comparan los resultados de las cinco unidades didácticas, de las herramientas y metodología empleada. Se presentan resultados desde la categorización, y se realiza el cierre con la representación de la construcción de la historia a nivel macro desde la visión inicial del análisis secuencial de la explicación hasta su representación.

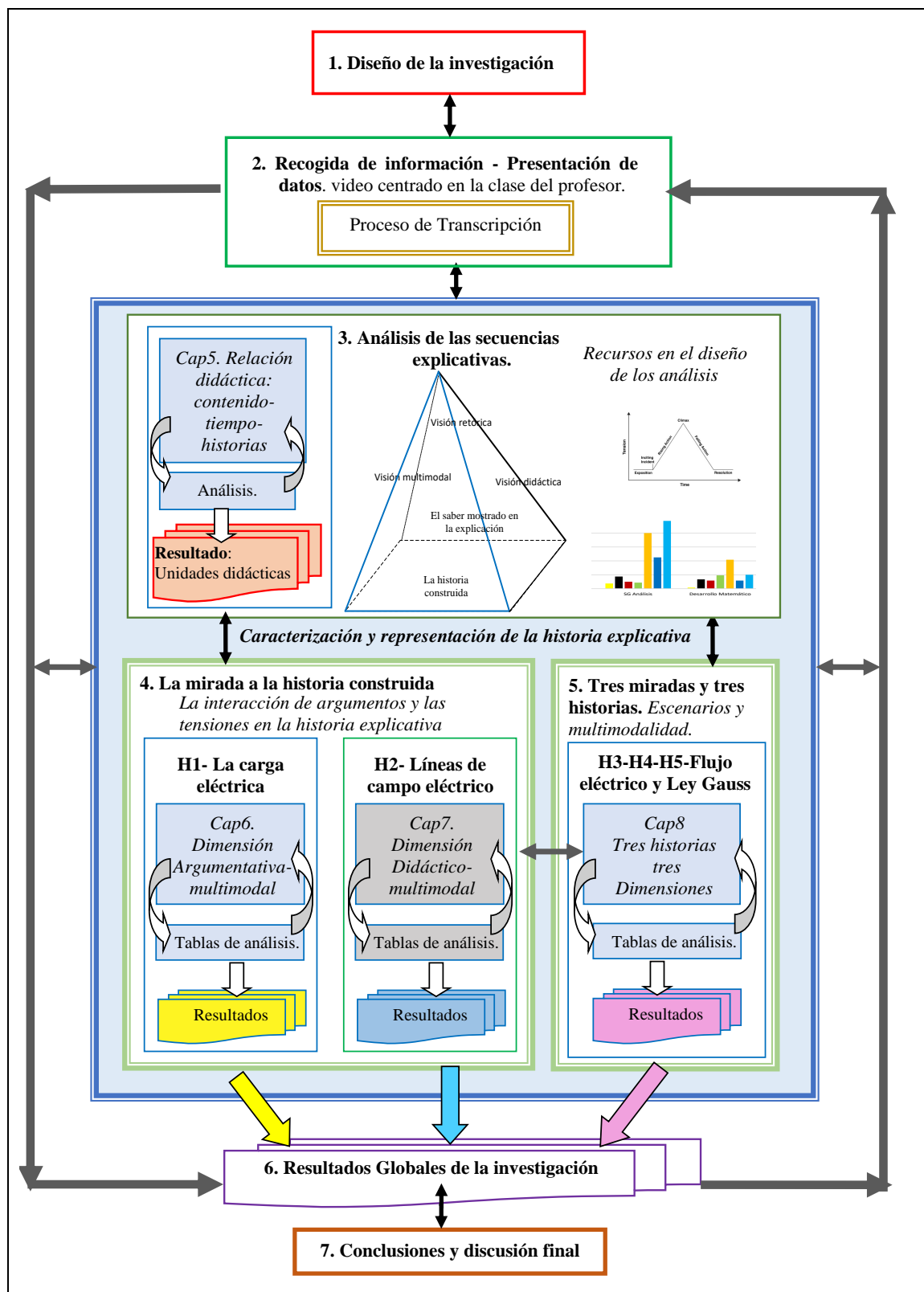


Figura 3.2. Esquema de la investigación

Fuente: Elaboración propia

Etapas 7. Conclusiones y discusión final, se discuten las implicaciones de la investigación para la formación de profesores. Finalmente, el apartado de *Bibliografía*, con las referencias utilizadas a lo largo de todo el proceso investigativo.

3.5 La recolección y presentación de los datos.

La recolección de la información se hizo mediante el registro de audio, video y notas de las clases de física electromagnética, con la cámara de video centrada en la actuación del profesor en su clase con estudiantes del tercer semestre del programa de ingeniería. Las clases fueron impartidas por los tres profesores anteriormente ya presentados, y con sus respectivos estudiantes. De este conjunto de clases se seleccionaron las primeras clases del tema del Electromagnetismo.

El proceso básico de recolección de los datos. La información recogida (datos) está formada por una primera conversación con los profesores, y por clases de estos registradas en videos de dos a tres horas de duración cada uno. Los videos recogen las clases de la primera parte de la unidad de “Electrostática” de los profesores hasta llegar a la construcción de la ley de Gauss. Las filmaciones fueron realizadas por la investigadora como oyente en la clase, es decir, mediante una observación no participativa, que le permite recoger notas de campo.

Estrategia de recolección de los datos. Se hizo mediante el registro de audio y video por medio de un equipo reproductor de cintas VHS, y recoge al profesor con su habla y sus gestos, así como la escritura y/o dibujos de la pizarra. La investigadora fue elaborando un cuaderno de notas a partir de sus observaciones.

Diseño de instrumentos para la presentación de los datos. Se diseñaron dos tablas para la presentación de datos. La primera elaborada a partir de la información inicial de los videos y notas, contiene la secuencia de las explicaciones de cada profesor. Si se regresa a la figura 3.1 “técnica de segmentación usada en la recolección de datos” la primera tabla de datos vendría a tener una estructura como la imagen superior de esta figura 3.1; y correspondería al nivel macro. La segunda tabla de datos elaborada, cuyo contenido se obtiene a partir de los resultados del análisis de la tabla anterior, se realizó a través de un proceso de transcripción de la explicación que profundizó el análisis y la observación, y fue presentada en forma de episodios de un minuto, colocados de forma secuencial en el tiempo. Estos datos fueron utilizados para la presentación de los aspectos descriptivos del discurso retorico didáctico multimodal. La

estructura de la segunda tabla de datos, en la figura 3.1 es la mostrada en la imagen inferior; correspondiente al nivel micro. Estos episodios formaran a su vez los segmentos temáticos que conformaron la base de las historias, que en la figura 3.1 podrían corresponder a la figura central o nivel meso.

3.5.1 Preparación de los datos a nivel macro.

La preparación de los datos para el análisis a nivel macro involucra la presentación del discurso docente señalando la explicación de forma general y manteniendo el orden en el tiempo. Tal forma de presentar los datos se utilizó para los posteriores análisis. Para ello, se diseñó una tabla simple, que recoge de forma ordenada aspectos de interés sobre el contenido de las explicaciones recogidas en los videos. La tabla está formada por una primera fila con los datos identificadores: profesor, clase, número de la cinta de video, intervalo de tiempo. En las siguientes filas se rellena la tabla usando tres columnas que trata de caracterizar por segmentos la explicación, según el contenido temático principal, el tiempo, y secciones dentro de cada segmento. Al finalizar la tabla se coloca el tiempo total que abarca. De esta manera la información de los profesores se recolecta de forma macro en varias tablas de este formato. (ver tabla 3.2)

Tabla 3.2. Esquema de la tabla de datos a nivel Macro

PROFESOR_____	Clase # _____	Cinta de video #____	Intervalo de tiempo en que fue realizado: _____a_____
Tema	Duración (minutos)	Secciones del tema	
Se coloca el tema de lo que trata la explicación.	cuánto tarda en ese apartado	Aspectos que puedan ser de interés al investigador	
Tiempo total:			

Fuente: Elaboración propia

En este estudio de la construcción de historias científicas, se pretendió abarcar la construcción de la Ley de Gauss desde la primera sesión de clases del profesor, pero debido a problemas técnicos, la primera clase no pudo ser grabada en video, y se tomó entonces a partir de la segunda sesión de clases. Sin embargo, se logró grabar de forma secuencial un promedio de trescientos minutos para cada una de las profesoras Laura y Montse; y ciento cincuenta para el profesor Pere.

Se obtuvo así tres grandes bloques de datos (tablas 5.1, 5.2, 5.3 del capítulo 5) con las explicaciones de los profesores Pere, Montse y Laura con aproximadamente 150, 400 y 300

minutos de clases cada uno de ellos. Un tema representa un contenido científico desarrollado durante un intervalo de tiempo largo dado en las aulas, y se relaciona a contenidos que se van construyendo con las explicaciones de los profesores y que tienen una unidad, pero que pueden comprender diversas sesiones de clases, se acercaría a lo que tradicionalmente se ha llamado **lección**. Cada bloque ha sido subclasificado por **tema y secciones del tema** con aspectos descriptivos de la explicación del profesor bien sea contenido, o aspectos que llaman la atención para la investigación bien sea en la acción multimodal (gestos, pizarra, dibujo, objetos) o retórica en la creación del auditorio como el inicio de la clase, interacciones, pausa, analogía.

En la tabla 3.3 se muestra una porción tomada de la tabla de la profesora Montse, en la primera columna se pueden observar tres bloques temáticos: carga eléctrica, resolución de problemas de Fuerza ejercida en sistemas de cargas puntuales y resolución de problemas para determinar campo eléctrico. La segunda columna muestra el tiempo dedicado a cada bloque temático y en la tercera columna se muestran como “marcas” describiendo aspectos encontrados en el bloque temático, y ubicando el intervalo de tiempo; con la finalidad de dar mayor especificación de lo dado en cada tema. Al finalizar la tabla se coloca el tiempo total que abarca. De esta manera la información de los profesores se recolecta de forma macro en varias tablas en formato como el mostrado.

Tabla 3.3 Primera sesión de clases registrada, de la profesora Montse

MONTSE -CLASE 2 (CINTA #2- D) 10:20 a 12:45 pm		
Tema	(min)	Secciones Del Tema
Carga Eléctrica	30	10:20 Organiza y conecta proyector y laminas 10:24-10:28 Ejemplo del cotidiano. El cuerpo humano es un conductor. 10:28 saca libro y rotulador-inicia características de la carga (11min aprox) 10:32 Transparencias, carga por frotamiento 10:33-10:37 Ojo: demostración con péndulo poliestireno y varilla de plástico.
		10:39-10:46 transparencia carga de conductores 10:46- 10:50 transparencia - péndulo de torsión -Fuerza Coulomb
Carga Eléctrica Resolución Problemas	52	10:50-11:42 Calculo de Fuerza eléctrica. 10:50-11:00 Barra finita y carga puntual alineada. (10min) 11:00-11:14 Barra con densidad variable (14min) 11:15-11:26 Dos péndulos (12min) 11:27-11:42 tres cargas, hallar la distancia... donde la fuerza es maxima (15min) 11:42 INTERACCION una pregunta
Campo Eléctrico Resolución Problemas	60	11:45-12:00 Campo eléctrico 12:00-12:10 Ejercicios de cargas puntuales. 12:11-12:13 repaso -12:13-12:41 ejercicio de cálculo del E. 12:43 tarea: cuatro cargas positivas en vértices de un plano cuadrado, calcular campo sobre el eje perpendicular al plano q pasa por su centro ...usa un papel y el rotulador como eje
142 min		

Fuente Elaboración propia.

Por ejemplo, en el primer bloque temático en la tabla 3.3, se destaca que la profesora Montse explica por media hora a “la carga eléctrica”, desde lo cotidiano, que es de interés en la construcción de la historia científica, desarrolla las propiedades de la carga eléctrica apoyando su explicación con una demostración de carga utilizando poliespán y una varilla de plástico, que igualmente es de interés desde el punto retórico y multimodal; y utiliza retroproyector y transparencias para explicar el experimento de Coulomb y formas de cargar un material.

3.5.2 Preparación de los datos en forma de episodios. Nivel meso-micro.

A partir del análisis macro de las clases, se obtienen como resultado el conocimiento sobre el contenido y la secuencia de las explicaciones de los tres profesores; lo que permitió la selección de los segmentos de la explicación que fueron transformados para pasar a la otra etapa de análisis. Los segmentos seleccionados, pasaron a formar esta segunda tabla de datos, y para ello fue necesario:

Un proceso de transcripción que transforma la información de video de los segmentos seleccionados, en una herramienta visual, donde se plasmó en mayor detalle la explicación y la actuación del profesor en intervalos de un minuto.

Un sistema de codificación del discurso en función del contenido conceptual. Debido a la densidad de los datos transcritos se hizo necesario un sistema que identifique cada episodio con el tema y al profesor, y además lo ubique en el mismo orden secuencial de la explicación.

A continuación, se muestra cómo se desarrolló la codificación utilizada para la tabla de datos y el proceso de transcripción multimodal.

3.5.3 La codificación de los segmentos del discurso.

En función del contenido de las explicaciones, se asignó una letra a cada segmento de discurso. Esto permite clasificar al segmento según el tema dado en la explicación del profesor (Laura, Montse o Pere), según se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Códigos usados para la presentación de los datos, en segmentos y episodios.

Tema	Campo Eléctrico					
	Carga Eléctrica	LCE Propiedades	Ejercicios Coulomb	FE: Flujo Eléctrico	Ejercicios FE	Ejercicios Ley Gauss
Código	A	B	C	D	F	E

Fuente Elaboración propia.

Estructura del Código usado para identificar los episodios que forman a los segmentos del discurso. Se ha diseñado un código de tres campos cuya estructura se presenta en la tabla 3.5. El primer campo que identifica al tema (A, B, C, D, E, F), segmento o subtema en el cual se inserta cada episodio, formado por una letra según la tabla 3.4. El segundo campo es el número del episodio; indica la posición que ocupa de forma secuencial, con una enumeración de dos dígitos que van del 00-99. El tercer y último campo permite describir: el profesor que da la explicación y está compuesto por la inicial del profesor (L-Laura, M-Montse o P-Pere).

Cada episodio tiene entonces un código estructurado de la forma, presentada en la tabla 3.5. Así, para interpretar el código A03_P ejemplificado en esta tabla, se hace uso de la tabla 3.4 y se entiende que el episodio A03_P se refiere “al tercer episodio del profesor Pere en la explicación de carga eléctrica”. Por ejemplo, A01_L identificaría al primer episodio del segmento de carga eléctrica de la profesora Laura.

Tabla 3.5. Estructura del código del episodio.

Tipo de Segmento	Número del episodio		–	Inicial del nombre del Profesor
A	0	3	–	P

Fuente Elaboración propia.

3.5.4 La transcripción multimodal.

Para crear la data, se diseñó un instrumento de transcripción (tabla) que permite el registro de las explicaciones seleccionadas de los profesores, con los diferentes modos comunicativos utilizados (lenguaje oral, lenguaje escrito, lenguaje visual y los gestos). Es la transformación de

lo grabado en audio y video en una forma práctica para su fácil manipulación y posterior análisis.

La transcripción fue llevada al computador, haciendo uso de las herramientas que brinda el Microsoft Word 2007, para desarrollar el texto, y de su menú gráfico para la realización de los dibujos que acompañan al texto del discurso. No se contó con ningún software especializado para la gestualidad ni gráfico-matemático. Se dispuso de las herramientas que ofrece el Microsoft-Word y de la creatividad del investigador para su diseño.

De la fase en cuestión se resalta la búsqueda por lograr plasmar en un documento, la información de la clase en el aula. Se realizó el proceso recursivo de *revisión*, para incorporar los gestos a la transcripción oral, tratando de documentar los hechos más resaltantes del discurso (lo hablado, lo gestual y lo escrito en la pizarra). Más que revisión es la transformación de los datos. Los datos se concretaron una vez realizadas las transcripciones multimodales de los episodios explicativos en tal instrumento.

Se utilizó un esquema pensando en que fuese sencillo, lo más descriptivo posible de manera de no perder información, y que pudiese ser fácilmente comprendido por otro profesor, este esquema se denominó *transcripción multimodal inicial*, realizada sobre un formato basado en cinco columnas, donde se presentan: a) la hora en que se inicia el segmento, b) identificación del segmento, escrita de forma secuencial y creciente para resguardar el orden en el tiempo, c) una frase que describa al segmento, d) la transcripción del segmento (colocando comentarios sobre sus gestos en color azul y algunas líneas que vinculan el habla con el acto descrito en la sección de la pizarra) y e) la parte representacional del discurso, donde se muestra el contenido de las pizarras, ya sea tanto texto como gráficas, los gestos más resaltantes que realiza el profesor, etc.

En el proceso de transcripción de los videos recogidos, y especialmente cuando se emprendieron las transcripciones de los videos de la profesora Montse, surgió una complicación, la profesora Montse gesticula muy rápido y de forma continua cuando habla, por lo que la transcripción de la parte multimodal de su discurso utilizando las herramientas de dibujo del Word, se hacía muy complejo para presentar su discurso sin perder información. La situación se resolvió incorporando en las tablas de transcripción imágenes estáticas sucesivas recogidas de los vídeos. A este segundo tipo de transcripción se le denominó *Transcripción didáctico-multimodal*.

3.5.5 La transcripción multimodal inicial

Estructura de la tabla de vaciado de datos. Una vez se dispone de una forma de identificación de fragmentos de clase, con su código, se vació la información de los videos en tablas, que recogen la transcripción verbal acompañada de los aspectos multimodales. Se dispuso así de unas tablas de **transcripción multimodal**

El discurso se presenta entonces, en forma de tablas dispuestas siguiendo el orden siguiente de la tabla 3.6 a continuación:

Tabla 3.6. Organización y Contenido de la Transcripción.

Hora	Número de Episodio	Descripción de lo observado	Discurso Verbal	Pizarra y Gestos
La hora en que ocurre el episodio	Identificación de cada episodio	Comentarios	La transcripción de lo que habla el profesor durante su discurso. Colocando comentarios sobre sus gestos en color azul. Y algunas líneas que vinculan el habla con el acto descrito en la sección de la pizarra	Espacio destinado para colocar el contenido de las pizarras, ya sea tanto texto como gráficas. Igualmente sirve para dibujar los gestos más resultantes que realiza el profesor

Fuente Elaboración propia.

Ejemplo de Transcripción inicial de la profesora Laura. Se aplicó el método de segmentación a la primera data seleccionada. Como ejemplo de la transcripción, se muestra en la figura 3.3 un trozo tomado de la clase de la profesora Laura, que es la de mayor experiencia en la docencia. En la figura se puede observar en la columna llamada “pizarra”, los dibujos diseñados por el investigador para destacar los recursos multimodales utilizados por el profesor y que destacan en su explicación.

Criterios usados para la comprensión de la transcripción. Para la realización del texto de la explicación se usaron ciertos criterios para identificar.

- El discurso verbal: Se presenta la totalidad del discurso verbal, acompañado de los signos de puntuación, interrogación, exclamación tal como lo expresa la gramática española, y que da sentido a la lectura en voz alta, de la misma forma en que se escucha con la exposición verbal del profesor.
- Comentarios entre paréntesis () y en color azul para destacarlo del texto verbal del profesor,
- El Subrayado. Indica premisas resaltantes en el episodio

- En **negrita**: cuando el profesor hace énfasis en la palabra.
>
- Se repiten las vocales, en una palabra, para indicar el sonido del profesor cuando alarga la palabra al explicar,
- Se subrayan los conceptos científicos se resaltan en azul, sin embargo en blanco y negro se utiliza el subrayado.
- El uso de Flechas. Para indicar apuntadores del profesor hacia la figura. Conecta la columna del texto verbal con la pizarra.
- Se utiliza el término ‘profesora’ para indicar cuando ésta habla y ‘estudiantes’ cuando éstos intervienen en la clase.

En la figura 3.3 pueden observarse algunos de los aspectos mencionados.

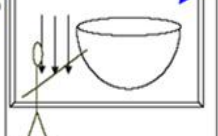
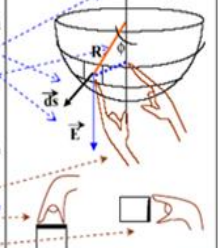
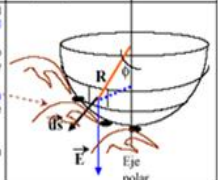
	Episodios	Descripción	Lenguaje oral y gestos	Pizarra, gestos
Tiempo				
2:3 9 :37	T1	<p>Ubica el ejemplo en el tema de "flujo eléctrico a través de un campo eléctrico uniforme"</p> <p>Define el sistema de ejes coordenados a usar (o realíza un acuerdo: la convención usada)</p>	<p>Primer problema: Determinación del flujo Eléctrico a través de un hemisferio. (2:40-3)</p> <p>Vamos a hacer un ejercicio para hallar el <u>flujo eléctrico</u> a través de una sup abierta... vamos a hacerlo por acá...</p> <p>Vamos a hallar el flujo eléctrico a través... (borra la pizarra verde)... de un hemisferio... una concha es un hemisferio, y ese hemisferio se encuentra ubicado en un campo Eléctrico uniforme... (mientras hablas, voites hacia el público y se dirige a la mesa a dejar el borrador)... perpendicular al plano horizontal... un hemisferio... (dibuja) es la mitad de una esfera, supongamos que esta es la esfera... Y vemos un campo eléctrico uniforme que es... perpendicular al plano horizontal... (voites y señala moviendo las manos delante de ella con los brazos extendidos hacia abajo)... es decir paralelo a quién? al eje de las ordenadas Y, paralelo al eje Y, (repite)... Apuntando hacia a bajo, tenemos entonces que... va en sentido contrario del vector unitario que? jota... es decir en la dirección del vector unitario menos jota... Es una concha hemisférica... y queremos hallar el flujo eléctrico a través del hemisferio OK?</p>	<p>Pizarra</p> <p>(utiliza la mitad de la pizarra verde)</p> 
2:4 0 :40	T2	<p>Repite el procedimiento a realizar. (S11)</p> <p>Señala en voz alta: "ustedes saben que la <u>dirección radial</u> forma con cualquier punto de la esfera un ángulo de que? 90°"</p> <p>Dibuja y resalta subrayando en colores, las líneas y sus relaciones con los ángulos y con el diferencial... va preguntando... como para verificar que la están siguiendo... y comprenden cada detalle del dibujo</p>	<p>bueno... entonces qué tenemos que hacer? ... como la superficie no es plana... Vamos a dividir a nuestra superficie en elementos diferenciales de área... (dibuja una franja en el hemisferio y sobre él, un cuadrado)... Un diferencial de área... si yo sé que ese diferencial de área tiene que formar ¿qué cosa? 90° con la superficie (gira y mira a los alumnos)... ustedes saben que la <u>dirección radial</u> forma con cualquier punto de la esfera un ángulo de que? 90°... por tanto... aquí está el vector de superficie (dibuja)... un diferencial de superficie (gira hacia el alumnado)... el campo eléctrico E en este punto, el diferencial de área de esta conchita, sería entonces un vector que apunta verticalmente hacia abajo... vamos entonces a trazar por acá... un segmento de recta... paralelo al eje de las ordenadas... vamos a trabajar con corcitos fijas para poder dibujar las cosas con más claridad... (2:42)... esta es la distancia radial entre... que hay desde el centro del hemisferio... (dibuja y remarca) un hemisferio de radio R... (gira hacia el alumnado) vamos a proyectar ese radio en el plano horizontal... (indica con un movimiento del brazo izquierdo, como dibujando el plano horizontal con la mano) donde está contenido esta conchita... La proyección del radio en el plano horizontal nos da este segmento de recta punteado... que es este ángulo que está acá... va a formar... este ángulo que está acá... este ángulo lo vamos a llamar θ... y por lo tanto este cateto... cateto opuesto al ángulo vale cuanto? (gira hacia el alumnado) "R seno de θ" (remarca sobre el dibujo señalando los catetos)... la longitud de este segmento es "R seno de θ"... yo lo que quiero hallar es la longitud de este segmento (señala el cateto tocando los extremos en la pizarra con los dedos índices) y la longitud de este segmento (señala el otro cateto de igual forma con los índices)... (gira hacia el alumnado) para poder hallar la expresión del diferencial de área... que es la de un rectángulo... el producto de la base por la altura...</p>	<p>Dibuja el diferencial de área</p> 
	T3	<p>Se refiere al diferencial de superficie como una "conchita"</p>	<p>tengo que hallar... la longitud de esta "conchita" (señala con los dedos: índice y pulgar) y la longitud de esta conchita (señala con los dedos: índice y pulgar)... (remarca sobre el dibujo los lados del cuadrado) que tenemos aquí... Por supuesto vamos a verlo acá... (2:43)... Si la conchita estuviese acá (dibuja y rellena un punto en la base del hemisferio)... qué ángulo forma la línea radial con el eje negativo Y... (los alumnos responden "cero")... cerol... voy desplazándome sobre la superficie con ese ángulo... (barre con la mano sobre la pizarra)... la distancia que hay entre la conchita (remarca el dibujo con la tiza) y el centro del hemisferio (señala el eje y en el dibujo) va aumentando... cuál es el ángulo máximo que forma la conchita... con el eje polar... aquí es mi eje polar (escribe "eje polar")... en este caso quien... este ángulo vale?... este ángulo varía desde que la conchita que está abajo hasta que esta conchita está aquí arriba... desde cero...???? (responden hasta 90°)... okay... (escribe...)... si este es "cero"... hasta cuanto???... (responden hasta 90°)... pi medio... (lo escribe...)</p>	

Figura 3.3. Transcripción multimodal inicial de la profesora Laura.

Fuente: Elaboración propia

3.5.6 Transcripción didáctico-multimodal.

Se realizó un diseño más avanzado para la presentación de la información y la caracterización de la clase como una “historia en construcción”, donde el profesor construye significados en diversos tópicos: carga eléctrica, campo eléctrico, líneas de campo, flujo eléctrico y ley de Gauss.

A través de un proceso de transcripción, se construye una tabla que incluye el discurso docente, los dibujos en la pizarra, los movimientos del profesor, e imágenes fijas obtenidas de los vídeos (ver figura 3.4).

Ejemplo de Transcripción didáctica multimodal de la profesora Montse. Se aplicó el método de segmentación a la primera información seleccionada. Como ejemplo de la transcripción, se muestra en la figura 3.4 un segmento tomado de la clase de la profesora Montse. En esta tabla se puede observar en la columna donde hay el habla recogida (con comentarios en azul) las fotos sucesivas para mostrar las acciones y gestos de la profesora, pero también se recogen las “pizarras” (textos escritos o dibujos diseñados por el mismo profesor mientras hace su explicación).

Análisis Multimodal Grafico:			
expresiones del rostro y acciones con el cuerpo y objetos			
Episodios	Descripcion	Notas sobre el lenguaje oral y gestos	Pizarra
12:38 D 10	Introduce Flujo a través de un área, como cantidad de campo eléctrico que atraviesa esa área pizarra, papel, y manos	12:38 si yo tengo un campo eléctrico en el espacio, (dibuja líneas de campo uniforme) estas son líneas de campo eléctrico, y yo tomo una espira, y la coloco de manera de... contar la cantidad de líneas que atraviesan esa espira... esa espira (como un papel) la tengo yo aquí (coloca una hoja sobre el dibujo de la pizarra) ..entonces... si yo mido la cantidad, (con la mano simula líneas que atraviesan el plano de la figura, (la otra mano)) de campo eléctrico que atraviesa esta área, entonces yo estoy obteniendo automáticamente el flujo (repite: con la mano simula líneas que atraviesan el plano de la figura) de campo eléctrico a través de esta área (coloca la mano perpendicular a la pizarra) porque?...	
12:39 D 11	Recuerda la relación entre densidad de líneas de campo e intensidad de campo	porque las líneas de campo eléctrico ehhh, la densidad de líneas de campo eléctrico es directamente proporcional a la magnitud del campo eléctrico... si yo tengo muchas líneas de campo eléctrico (gesticula con los dedos unidos) entonces yo tengo un campo fuerte y si tengo pocas líneas (gesticula con los dedos abiertos) se que tengo un campo eléctrico débil, entonces (va a la pizarra) .. entonces, las líneas de campo eléctrico atravesando esto me dan ... el flujo de campo eléctrico a través de esta superficie (copia "ΦE")... como hacemos esto? .. (gesto de pregunta, hombros encogidos manos al frente y rostro enfatizado) medirlo ... o calcularlo... contando líneas de campo eléctrico es muy difícil	 

Figura 3.4. Presentación didáctico - multimodal de la data de la investigación.

Fuente Elaboración propia.

3.5.7 La transcripción como proceso de Análisis.

Es importante mencionar que cuando se realiza el proceso de transcripción, ya se integra en su contenido la perspectiva teórica de la multimodalidad en la enseñanza de ciencias. La transcripción exige un proceso que debe tomar en cuenta cómo todos los diferentes modos comunicativos trabajan juntos en la construcción de significados. Para lograr la transcripción multimodal se utilizó de forma integrada la descripción del discurso, con los aspectos a observar en los modos de comunicación, obtenidos de la experiencia y la revisión bibliográfica. Estos incluyen la mirada, la dirección de la mirada; la expresión facial; el movimiento de la mano y el brazo; el uso de todo el cuerpo para hacer gestos; la postura corporal; el uso del espacio; la ubicación y el contexto de la acción; los objetos de la acción; y el habla. De la forma antes descrita se obtiene finalmente el instrumento descriptivo con la data a analizar.

Baldry y Thibault (2006: 166) describen la transcripción multimodal de un anuncio televisivo como "un artefacto entextualizado que el analista extrae de las prácticas discursivas anteriores en las que el texto radiodifundido está incrustado al mismo tiempo que el analista lo incorpora en el nuevo discurso Prácticas de transcripción y análisis". Tales autores afirman que la transcripción y el análisis de textos multimodales están estrechamente relacionados; también explican que "la transcripción es una forma de revelar tanto el despliegue de los recursos semióticos como su dinámica, desarrollándose en el tiempo a lo largo de vías o trayectorias textualmente limitadas y habilitadas. La transcripción es en sí misma una forma de análisis".

Una limitación clave en la transcripción de un texto de película, sin embargo, es la restricción de analizar el texto dinámico en una materialidad estática en la página, utilizando el lenguaje escrito y las imágenes estáticas como los únicos modos (O'Halloran 2012). Como resultado de esto, las imágenes dinámicas son segmentadas en cuadros. La transcripción de la película en fotogramas en una página para el análisis conduce inadvertidamente a la "transducción" (Kress, 2003, 36), donde un texto en una forma se reconstruye en otra forma. Cimasko y Shin (2017) e Iedema (2003) también lo conceptualizan como "resemiotización" donde la traducción y el desplazamiento de un modo semiótico a otro resultan en cambios (y a menudo pérdida) en el significado. Tales reflexiones se intentaron compensar con las notas y las memorias de la investigadora que estuvo presente e hizo las grabaciones en video.

3.6 El proceso de categorización

El proceso de categorización es necesario, ya que es la herramienta analítica para realizar el análisis en cada etapa de la investigación. Las categorías se encuentran tipificadas en cuatro dimensiones que se muestran en la tabla 3.7, y se presentan a continuación clasificadas en cuatro tipos:

Dimensión 1: “la construcción didáctica de la explicación” que contiene las categorías de análisis socio didáctico comunicativas basada en a) el análisis de una secuencia de clases, buscando “el orden de contenido en el tiempo” (macro) y b) aspectos didácticos de las formas de intervención del profesor en la explicación. Basado en cómo interviene el profesor para desarrollar la historia explicativa, formado de varios marcos teóricos didácticos, donde destaca la visión de los propósitos de la enseñanza de Mortimer, (2003), y los aportes didáctico comunicativos de Ogborn y otros (1996), ofrece información sobre la retórica del aula, la construcción del hilo de la historia, la elaboración de entidades y desarrollo de aptitudes y habilidades propias de la profesión, comprende el nivel meso-micro.

Dimensión 2: “la visión argumentativa de la explicación” basada en el referente retórico principal de Perelman, y enriquecida con la multimodalidad, con el fin de presentar la construcción de la tesis desde las premisas, los tipos de argumentos en la historia y se adaptan aspectos para analizar la explicación como una historia, tomando en cuenta la interacción de los argumentos. En esta investigación comprende el nivel macro y meso. *“la construcción del auditorio”* basada en el referente retórico principal de Perelman, y de la multimodalidad con el fin de describir la interacción del profesor con la audiencia, en la búsqueda de la adhesión de sus estudiantes y que su discurso sea convincente. Ofrece información sobre la caracterización del profesor, comprende el nivel meso y micro.

Dimensión 3: “la multimodalidad en la construcción de significado”, la multimodalidad está presente en toda la explicación de los profesores y en todas las categorías. Se diseña esta categoría con la finalidad de describir los recursos utilizados por el profesor en la interacción con el medio con el objetivo de construir significado. Abarca el nivel meso y micro.

Dimensión T: “La representación multimodal del desarrollo de la historia explicativa”. Parte de un segundo análisis sobre las dimensiones 1-2 3 y tiene como objetivo, condensar

de forma gráfica aspectos de la historia explicativa los análisis para: a) identificar la generación/resolución de tensiones en la historia b) representar de forma gráfica a la historia explicativa con la trayectoria de tensiones y c) la interacción de los modos comunicativos usando un esquema de barras modales.

Tabla 3.7. Dimensiones que definen las categorías de la investigación

<i>Dimensión 1. Aspectos Didácticos</i>	<i>Referentes</i>
<p>“La construcción didáctica de la explicación”, permite analizar una secuencia de clases para:</p> <p>a) construir las unidades didácticas, basada en el orden de contenido en el tiempo. Capítulo cinco.</p> <p>b) identificar los propósitos de enseñanza, basada en las partes que forman la explicación, Capítulo seis y siete.</p> <p>c) caracterizar las formas de intervención del profesor en el aula, que toma en cuenta: la retórica en la enseñanza, destaca la construcción de significados, elabora entidades, promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión. Capítulo siete y ocho.</p> <p>Informa sobre aspectos didácticos de la historia. Capítulos 5, 7 y 8.</p>	<p>Enseñar todos los lenguajes de la ciencia, de Lemke (2002),</p> <p>Meaning Making in secondary science classrooms de Mortimer y Scott, (2003) y</p> <p>Formas de Explicar. Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy (1996).</p>
<i>Dimensión 2. Aspectos Argumentativos</i>	<i>Referente único</i>
<p>“La visión argumentativa de la explicación”. Toma en cuenta la construcción argumentativa de la explicación desde la teoría de Perelman. Permite analizar una secuencia de clases para:</p> <p>a) identificar premisas y tesis, tipos de premisas, formas de presentarlas. Capítulo seis.</p> <p>b) identificar y caracterizar los argumentos, técnicas discursivas, orden en la explicación y la contribución de la multimodalidad en la construcción de argumentos, Capítulo seis y ocho.</p> <p>c) identificar elementos retóricos como la presencia, la creación de la comunión, la construcción del auditorio. Capítulo ocho.</p> <p>Informa sobre aspectos argumentativos de la historia. Capítulos 6 y 8.</p>	<p>El tratado de la argumentación y la nueva retórica de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000),</p>
<i>Dimensión 3. Aspectos Multimodales.</i>	<i>Referentes</i>
<p>“La visión multimodal de la explicación”. Toma en cuenta cómo el profesor (con y sin el discurso verbal) interactúa con el medio para lograr la construcción de significado y la adhesión de la audiencia a su explicación. Permite analizar una secuencia de clases para:</p> <p>a) resumir de manera gráfica la puesta en escena</p> <p>b) identificar los modos comunicativos utilizados por el profesor de física que caracterizan su actuación</p> <p>c) identificar y caracterizar la interacción de los modos comunicativos</p> <p>Informa sobre los aspectos multimodales de la historia. Capítulos 7 y 8.</p>	<p>Inductiva - pero parte de marcos teóricos básicos: Lemke (1998); Multimodal Teaching and Learning de Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis (2001), Kress y Van Leeuwen (2003) y otros.</p>
<i>Dimensión T. La trayectoria explicativa de la historia</i>	<i>Referentes</i>
<p>“La representación de la trayectoria explicativa de la historia”. Realiza un análisis en segmentos de la historia, a partir de las dimensiones anteriores, para caracterizar la actuación del profesor a través de:</p> <p>a) representar la interacción de los argumentos en la historia</p> <p>b) representar la generación/resolución de tensiones en la historia</p> <p>c) representar la interacción de modos comunicativos usando un esquema de barras modales</p> <p>Presenta gráfico o esquema, aspectos de la historia. Capítulos 6, 7 y 8.</p>	<p>Parte de un segundo análisis sobre las dimensiones 1-2 3 y referencias de guía como la teoría de arco dramático de “Making Science Meaningful for Broad Audiences through Stories” de Sara J ElShafie (2018).</p>

Fuente: Elaboración propia

A partir de las dimensiones de estudio presentadas en la tabla 3.7, se estructuran las categorías que describen el proceso de análisis específico para cada capítulo. En la tabla 3.8 se muestra la distribución de los capítulos, y en la columna siguiente se presenta el tipo que describe las subcategorías usadas en el proceso de análisis.

Tabla 3.8. Categorías que describen los capítulos de la investigación.

Capítulo	LAS SECUENCIAS DE LAS EXPLICACIONES- Análisis macro	Categorías
5.	“El orden de contenido en el tiempo”. Análisis de la secuencia de la explicación para la construcción de las historias. Visión didáctica de la construcción de los saberes enseñados. ¿Cómo son los saberes que organiza el profesor?, con respecto al tiempo, contexto educativo, currículo, posiciones académicas, entre otras Análisis macro	Dimensión 1a
Capítulo	DOS HISTORIAS CONSTRUIDAS Análisis y resultados	Categorías:
6.	“Los tipos de argumentos y su interacción en la historia construida: La carga eléctrica ” visión retórico argumentativa y multimodal sobre la “construcción de una explicación” formada por partes, según propósitos de enseñanza, de cada profesor.	Dimensión 2 y Ta
7.	“Aspectos didácticos y multimodales en la historia construida: Líneas de campo eléctrico ”. El análisis de la generación y resolución de tensiones cognitivas en el desarrollo de la historia explicativa. Visión didáctico – multimodal - Gráfica de trayectoria narrativa versus tensiones en la explicación y tensiones. formada por partes, según propósitos de enseñanza, de cada profesor.	Dimensión 1, 3 y Tb
Capítulo	TRES HISTORIAS CON ESCENARIOS COMUNES Análisis y resultados	Categorías:
8.	“Tres historias con escenarios comunes, que inician la unidad de Flujo eléctrico y ley de Gauss ”. Aspectos didácticos, argumentativos y multimodales de las explicaciones de los profesores. Esquema a nivel de tesis y argumentos que intervienen a lo largo de la explicación para cada profesor. Esquema de barras modales que describen la interacción de modos comunicativos en la historia explicativa. Resultados por cada profesor y su historia.	Dimensión 1, 2, 3 y Tc

Fuente: Elaboración propia

Se destaca que **el proceso de categorización** con el diseño de sus categorías y subcategorías según la dimensión en que se ubique el análisis, **se describe** en profundidad en el **capítulo 4**. La descripción de las categorías y subcategorías correspondientes, se detalla en los respectivos capítulos donde son aplicadas.

En total son seis análisis realizados, el primero es un análisis macro, y los siguientes son análisis meso-micro, según la longitud del intervalo de tiempo que ocupa el segmento analizado; o

según el aspecto específico a resaltar, nivel micro. A continuación, se presenta una breve descripción de estos análisis.

3.7 El Análisis realizado

En el análisis es importante destacar la visión del investigador y la interpretación de lo observado según su visión porque de ello dependerán los resultados del análisis. En este proceso es necesario tomar en cuenta a) el proceso de categorización, clasificado en cuatro tipos, que distinguen a los seis capítulos de análisis ya explicados en el apartado anterior; b) el orden de los análisis realizados y sus categorías en cada etapa 3,4, y 5 según el esquema de la figura 3.2, y c) Los instrumentos de análisis para la secuencia de la explicación y el análisis de las historias.

Para presentar el proceso de análisis, se organizaron seis capítulos, clasificados en tres partes. La primera parte formada por un capítulo de análisis macro de las explicaciones de los profesores, la segunda parte formada por dos capítulos dirigido a la construcción de la historia científica, y la tercera parte formada por la combinación de todas las dimensiones de análisis aplicadas a tres historias con escenarios comunes, que conforman un macro capítulo dedicado a caracterizar la construcción de la historia explicativa del profesor.

A continuación, se describe las etapas 3, 4, 5 que clasifican los análisis.

3.7.1 Etapa 3. Análisis de las secuencias explicativa

Una vez que se tienen las categorías básicas que definieron la visión para los análisis de esta investigación, y la preparación de los datos a nivel macro; se realizó el primer análisis para obtener la secuencia de las explicaciones. La información con las *tablas de nivel macro*, tal como se ha comentado anteriormente (tabla 3.2 y tabla 3.3.), están organizadas en función del contenido de las lecciones en forma secuencial lo largo del tiempo. Este primer análisis se realizó según las categorías resumidas en la tabla 3.8 de la dimensión didáctica de la explicación. A continuación, se presentan los instrumentos utilizados para el análisis de la secuencia de las explicaciones.

3.7.1.1 *Instrumento de análisis para la secuencia de las explicaciones*

En el análisis de las explicaciones de cada profesor, se compararon los tres profesores entre sí analizando como elaboraron sus explicaciones a lo largo de una clase, es decir se realizó la comparación entre los profesores tomando como base el cómo organizaron su contenido y los tiempos dedicados a cada una de las sub partes de contenido. Se utilizaron como referencias contextuales: el currículo oficial de la asignatura, el cronograma y el conocimiento del contexto del investigador; lo que permitió conocer sobre sus adaptaciones particulares.

Se hizo necesario obtener una perspectiva visual y comparada entre los tres profesores, a partir de los datos macro de cada profesor, que permitiese observar similitudes y/o diferencias entre ellos en cuanto a contenidos y tiempos dedicados a cada uno. Para realizar el análisis a nivel macro, se utilizaron tres tablas que se muestran en la figura 3.5 donde se realizó la superposición de Temas entre los tres profesores, y otra donde se analizó la explicación bajo una misma línea de tiempo.

En la figura 3.5.a) se muestra la tabla diseñada para analizar de forma comparada los temas que abarca la explicación de cada profesor, lo que permitió al investigador obtener información sobre coincidencias y cruces entre ellos en base a su contenido; información que se utilizó para la selección de las historias que se presentaron para el análisis a nivel *meso*.

La tabla está formada por dos partes: las explicaciones y los profesores, y cinco columnas principales, las dos primeras identifican el contenido de las explicaciones en orden cronológico, y las otras corresponden una para cada profesor. La parte de explicaciones se divide en dos columnas: tema y segmento del tema. Los espacios en los profesores se van llenando, si la explicación del profesor contiene el subtema que aparece la columna principal.

En la figura 3.5.b) se presenta la información del contenido de la explicación de los tres profesores, esta vez utilizando una misma *línea de tiempo*. En esta tabla se agrupan los *temas* y se resaltan con colores. La tabla involucra el uso de un código de colores por tipo de explicación: a) amarillo: carga eléctrica, propiedades y características; b) azul claro, campo eléctrico y líneas de fuerza/campo; c) verde: movimiento de la carga eléctrica, dipolo y momento dipolar eléctrico; d) rosa: teoría de flujo Eléctrico y definición de la ley de Gauss; e) naranja: resolución de problemas aplicando la ley de Coulomb y luego resolución de problemas aplicando la Ley de Gauss, f) azul oscuro: equilibrio electrostático en conductores.

Capítulo 3. Metodología de la investigación

LAS EXPLICACIONES:			LOS PROFESORES:		
Tema	Segmentos	LAURA	MONTSE	PERE	
1. La Carga eléctrica Ley de Coulomb	-Propiedades -Ley de Coulomb -Campo eléctrico	(clase no registrada) Métodos de carga	(clase no registrada) Introducción La carga eléctrica Demostración	(clase no registrada) Introducción: reparo de lo visto: carga y campo).	
2. Campo eléctrico y Líneas de Campo Eléctrico	Líneas de Campo. Ej. Líneas de campo-LCE propiedades	Líneas de Campo ejemplo carga Líneas de Campo propiedades	Líneas de Campo ejemplo Líneas de Campo propiedades		
3. Resolución de Problemas Campo Eléctrico Ley de Coulomb	Varilla-anillo Varilla-Plano Disco-Plano Intervenciones	(no registrado) Disco-Plano Al final de c/clase	(no registrado) Varilla-Plano Intervenciones	Varilla-anillo Disco-Plano Al final	
4. Flujo eléctrico	Definición-teoría -Plano Ilustración -Flujo Analogía Ejercicios de cálculo de FE Cierre LG	Definición-teoría (+introducción) Ilustración -Flujo hemisferio-superficie no plana(amorfa) cálculo del Flujo hemisferio-cubo Discusión final	Definición-teoría (al fin de sesión) Ilustración -Flujo -dipolo-superficie no plana(amorfa) Ilustración -Flujo superficie no plana (hemisferio) - flujo en dipolo Analogía dipolo-piscina (cierre)	Definición-teoría (estudiantes distraídos c/area)	
5. Resolución de Problemas no conductores Ley de Gauss	Ejemplo: carga -esfera Varilla- barra Plano Esferas	Carga-esfera Varilla- barra Plano Esferas	Carga-esfera Varilla- barra Plano Esferas	Carga-esfera	
6. Equilibrio electrostático. Líneas campo no uniforme	Inducción de cargas Propiedades/ ejemplo	Cond. equilibrio. (Teoría y ejemplo)	Cond. equilibrio. Tres planos	Cond. Equilibrio (buena pizarra) LCE comparados (buena pizarra)	
7. Cargas en movimiento	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	

min	LAURA	min	MONTSE	min	PERE
0	Líneas de fuerza	0	Repaso de CE (exp. Matemática)	0	Enumera lo dado antes: carga y campo
10	Ej. Cargas puntuales	10	Líneas de Fuerza	10	Campo eléctrico generado por a) disco b) Plano c) Cilindro
20	Campo eléctrico generado por a) disco b) Plano c) Cilindro	20	Campo eléctrico generado por el dipolo Momento dipolar Campo eléctrico generado por a) plano cargado b) varilla en planos LCE (en planos)	20	Campo eléctrico generado por a) disco b) Plano c) Cilindro
30	Movimiento de una carga en un CE. Dipolo Eléctrico: Análisis de Fuerzas Equilibrio estable / inestable	30	Flujo Río - anillo Flujo Eléctrico plano-sup. No plana- dipolo Ejemplo: carga puntual Ley de Gauss	30	Flujo Eléctrico (FE): plano-hemisferio - dipolo -Analogía Ley de gauss Carga puntual esferas Equilibrio Electrostático
40	Métodos de Carga	40	Nueva sesión. Repaso Flujo eléctrico Ley de Gauss	40	Ejemplo: esfera conductora Ejemplo de Campos uniforme LCE
50	Flujo Eléctrico (FE): Inicio: plano Superficie No plana Ilustración: hemisferio Cascaron semiesférico Hemisferio con tapa Síntesis-propiedades FE	50	Flujo eléctrico E en una varilla Plano cargado (Selección de la sup. gaussiana SG)	50	Clase donde los alumnos Realizan ejercicios asignados. Es como una Consulta grupal
60	Cubo Cierre. Ley de Gauss: Ejemplo: Esfera conductora	60	Retoma el ejemplo esferas	60	
70	Comprobar E=0 dentro del cond.	70	Equilibrio Electrostático	70	
80	Equilibrio Electrostático	80	Problema.	80	

(a) Organización del contenido

(b) Organización del tiempo

LAS EXPLICACIONES:		LOS PROFESORES:			
Tema	Segmentos	LAURA	MONTSE	PERE	
1. La Carga eléctrica Ley de Coulomb	-Propiedades -Ley de Coulomb -Campo eléctrico	(clase no registrada) Métodos de carga	(clase no registrada) Introducción La carga eléctrica Demostración	(clase no registrada) Introducción: reparo de lo visto: carga y campo).	
2. Campo eléctrico y Líneas de Campo Eléctrico	Líneas de Campo. Ej. Líneas de campo-LCE propiedades	Líneas de Campo ejemplo carga Líneas de Campo propiedades	Líneas de Campo ejemplo Líneas de Campo propiedades		
3. Resolución de Problemas Campo Eléctrico Ley de Coulomb	Varilla-anillo Varilla-Plano Disco-Plano Intervenciones	(no registrado) Disco-Plano Al final de c/clase	(no registrado) Varilla-Plano Intervenciones	Varilla-anillo Disco-Plano Al final	
4. Flujo eléctrico	Definición-teoría -Plano Ilustración -Flujo Analogía Ejercicios de cálculo de FE Cierre LG	Definición-teoría (+introducción) Ilustración -Flujo hemisferio-superficie no plana(amorfa) cálculo del Flujo hemisferio-cubo Discusión final	Definición-teoría (al fin de sesión) Ilustración -Flujo -dipolo-superficie no plana(amorfa) Ilustración -Flujo superficie no plana (hemisferio) - flujo en dipolo Analogía dipolo-piscina (cierre)	Definición-teoría (estudiantes distraídos c/area)	
5. Resolución de Problemas no conductores Ley de Gauss	Ejemplo: carga -esfera Varilla- barra Plano Esferas	Carga-esfera Varilla- barra Plano Esferas	Carga-esfera Varilla- barra Plano Esferas	Carga-esfera	
6. Equilibrio electrostático. Líneas campo no uniforme	Inducción de cargas Propiedades/ ejemplo	Cond. equilibrio. (Teoría y ejemplo)	Cond. equilibrio. Tres planos	Cond. Equilibrio (buena pizarra) LCE comparados (buena pizarra)	
7. Cargas en movimiento	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	

(c) Selección de los segmentos para construir las historias

(a) Organización del contenido

(b) Organización del tiempo

LAS EXPLICACIONES:		LOS PROFESORES:		
Tema	Segmentos	LAURA	MONTSE	PERE
1. La Carga eléctrica Ley de Coulomb	-Propiedades -Ley de Coulomb -Campo eléctrico	(clase no registrada) Métodos de carga	(clase no registrada) Introducción La carga eléctrica Demostración	(clase no registrada) Introducción: reparo de lo visto: carga y campo.
2. Campo eléctrico y Líneas de Campo Eléctrico	Líneas de Campo. Ej. Líneas de campo-LCE propiedades	Líneas de Campo ejemplo carga Líneas de Campo propiedades	Líneas de Campo ejemplo Líneas de Campo propiedades	
3. Resolución de Problemas	Varilla-anillo Varilla-Plano Disco-Plano Intervenciones	(no registrado) Disco-Plano Al final de c/clase	(no registrado) Varilla-Plano Intervenciones	Varilla-anillo Disco-Plano Al final
4. Flujo eléctrico	Definición-teoría -Plano Ilustración -Flujo Analogía Ejercicios de cálculo de FE Cierre LG	Definición-teoría (-introducción) Ilustración -Flujo hemisferio-superficie no plana(amorfa) cálculo del Flujo hemisferio-cubo Discusión final	Definición-teoría (al fin de sesión) Ilustración -Flujo - dipolo-superficie no plana(amorfa) Ilustración -Flujo superficie no plana (hemisferio) - flujo en dipolo Analogía dipolo-piscina (cierre)	Definición-teoría (estudiantes distraídos c/area)
5. Resolución de Problemas no conductores Ley de Gauss	Ejemplo: carga -esfera Varilla- barra Plano Esferas	Carga-esfera Varilla- barra Plano Esferas	Carga-esfera Varilla- barra Plano Esferas	Carga-esfera
6. Equilibrio electrostático. Líneas campo no uniforme	Inducción de cargas Propiedades/ ejemplo	Cond. equilibrio. (Teoría y ejemplo)	Cond. equilibrio. Tres planos	Cond. Equilibrio (buena pizarra) LCE comparados (buena pizarra)
7. Cargas en movimiento	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque

(c) Selección de los segmentos para construir las historias

Figura 3.5. Tablas utilizadas para el análisis Macro de la secuencia de las explicaciones, organizadas por: a) el contenido, b) el tiempo, c) segmentos comparados.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.5.c) se presentan las explicaciones transcritas de los tres profesores, esta vez utilizando como referencia la tabla 3.5a) pero complementada con la referencia de colores de la tabla 3.5.b). De esta forma, se obtuvo una misma línea de temas como referencia, donde aparecen resaltados usando el mismo código de colores. Esta tabla junto con el contexto curricular y educativo donde se realiza el estudio, presenta en la mesa de análisis y discusión para definir los episodios que se analizaron, a nivel meso y micro. En la figura se identifican los segmentos seleccionados para formar las historias, resaltados con rectángulos de bordes curvos, según el color del tema que dirige la historia construida.

3.7.1.2 *Los resultados del análisis macro.*

El análisis macro, tenía por objetivo obtener la visión global de las explicaciones y clasificar los segmentos de interés de las explicaciones de los profesores, marcando puntos de interés, criterios de diseño, puntos en común que aportan información para seleccionar segmentos o pequeñas historias, para construir *cinco unidades didácticas*, dos de ellas fueron historias construidas con segmentos de los tres profesores, y tres de ellas historias seleccionadas, una de cada profesor, que formaron la base del análisis dimensional, y que representan de alguna manera el desarrollo de la historia científica del profesor en la clase de electromagnetismo.

3.7.2 *Etapa 4. La mirada a la historia construida.*

Una vez obtenidas las unidades didácticas, como resultado del primer análisis, se inicia el segundo análisis ubicado a nivel meso-micro, cuyo propósito era la caracterización de la explicación abarcando aspectos retórico-didáctico-multimodal de la explicación, a fin de caracterizar la historia construida desde: a) los aspectos argumentativos, b) los aspectos didácticos c) los aspectos multimodales en la construcción de la historia y d) la representación de la explicación desde los aspectos estudiados del profesor a través de su acción en el aula. Como el interés era desarrollar la historia a lo largo del currículo, surgieron ciertas limitaciones.

- El análisis del discurso es muy extenso para ser presentado en una memoria. Así que se toman aspectos resaltantes, tomados de las categorías básicas.
- Una vez seleccionadas las historias, no se pueden saltar en el tiempo, deben presentarse de forma continuada. Puede ocurrir que hallan repeticiones.
- Se combinaron las categorías de análisis a presentar, para abarcarlas todas.

- Los *esquemas argumentativos*, se tomarán los que llamaron más nuestra atención por su construcción o la información aportada.

La cuarta etapa del esquema de investigación de la figura 3.2, tiene como objetivo presentar el desarrollo de la historia científica, se enfoca en la multimodalidad del discurso, pero con un objetivo situado en el contenido, para descubrir patrones emergentes y característicos en la explicación del profesor, a lo largo de una secuencia de episodios. El análisis intentó comprender, cómo emerge el conocimiento y la forma en que se construye la historia, partiendo de los enlaces que realiza el profesor hasta conformar unidades de contenido que serán los temas. Esta cuarta etapa se divide en dos capítulos donde se estudian características en la construcción de dos historias:

- La primera historia es “La carga eléctrica” explicada por la profesora Montse. En esta historia se analiza la explicación que engloba la carga eléctrica desde el hacer cotidiano y las propiedades de la carga eléctrica, desde el punto de vista retórico argumentativo y la relación de la construcción de las tesis que forman la historia con la multimodalidad.
- La segunda historia muestra el uso de “Las líneas de Campo eléctrico” como recurso didáctico para crear significados, esta historia está motivada de una inquietud muy situada en la asignatura y discutida entre físicos e ingenieros, que es la pertinencia o no de las líneas de campo eléctrico dentro del contenido temático. En este capítulo se presentan los tres profesores, narrando la historia cada uno en un momento diferente; Laura en su definición, Pere en la presentación del flujo eléctrico y Montse como aplicación de la ley de Gauss. Se incorporó esta categoría para analizar desde la didáctica y la multimodalidad, cómo los profesores hacen uso de las líneas de campo como recurso didáctico, en la construcción de significado de conceptos como: campo eléctrico, flujo eléctrico y otros; desde la construcción de una gran historia formada de pequeñas historias. Este capítulo es interesante, ya que profundiza el análisis didáctico, con un ejercicio práctico-reflexivo de las tensiones que se generan en la historia, y como se resuelven; generándose análisis descriptivo, y/o tablas, que, junto con una herramienta gráfica, fundamentan el trazado de la trayectoria explicativa en el tiempo. Se presentan resultados desde el punto de vista didáctico y multimodal con énfasis didáctico.



3.7.3 Etapa 5. Tres miradas en tres historias con escenarios comunes.

La etapa 5 se enfocó en la caracterización de la explicación de tres unidades didácticas, con similitudes en el tema y los escenarios, desde: a) los aspectos retórico argumentativos, b) los aspectos didácticos c) los aspectos multimodales en la construcción de la historia y d) la representación de la explicación desde los modos comunicativos en la construcción de la historia, e) la conceptualización de la historia del profesor desde la visión inicial macro de las clases. Las tres historias están basadas en el tema de “flujo eléctrico” con escenarios comunes, hasta llegar a “ley de Gauss”. Se analizaron las explicaciones de los profesores en su historia desde las tres perspectivas, buscando elementos que los caractericen. Es un capítulo muy extenso, dividido en tres partes uno por profesor. Al realizar el análisis multimodal, se tomaron las historias de Pere y Montse del capítulo anterior para ampliar la visión en la interacción multimodal y graficarlo a través del *esquema de barras modales*.

3.7.3.1 Instrumento de análisis en la construcción de la historia científica.

El proceso de Análisis Meso se muestra de forma gráfica, siguiendo el proceso recursivo e iterativo de representación multimodal de la transcripción, que como ya se ha explicado en el apartado de la transcripción, es una forma de análisis presentada de manera gráfica y transformada por el investigador para destacar aspectos de interés. En las figuras 3.6, 3.7 y 3.8 se muestran ejemplos de tablas de análisis realizadas en episodios explicativos de cada profesor, donde se observa parte del discurso verbal, imágenes, gestualidad, pizarra; enfocándose en resaltar un aspecto específico de estudio. En la figura 3.6 se muestra a la profesora Montse en los episodios A12_M destacando la explicación sobre la pizarra y el episodio A13_M aparte del discurso verbal se resaltan los objetos, con imágenes superpuestas, flechas, redondeles, etc. en el segmento.

En la figura 3.7 se muestran las tablas de análisis de la profesora Laura, en los episodios B07_L trabajado sobre la propia tabla de transcripción, y la tabla para el episodio B08_L, en las tablas de análisis formadas con dos columnas principales; donde se describe el discurso verbal por un lado y en el otro se describen los recursos utilizados. En este caso se colocan imágenes del video, imágenes realizadas por el investigador de la pizarra y de la representación en la pizarra.

Tabla de Análisis Meso				
<p>Demostración de Transferencia de cargas eléctrica.</p> <p>Episodio A13-M : En los aislantes solo se carga la parte que se frota..10:34:30</p> <p><u>ahora fíjense lo siguiente</u>, yo les mande a hacer un trabajo sobre conductores y aislantes... <u>estos son aislantes</u> (señala con un dedo los poliespán/animes) y yo solamente frote un lado del material...<u>yo solo frote este lado</u> (señala arriba y abajo el extremo de la barrita) y en un escarpe como este (muestra la barrita) <u>solo queda cargado este lado</u>..</p>  <p>si yo trato de poner este otro lado (acerca un extremo de la barrita al poliespán /anime) no pasa nada, no le pasa nada <u>en cambio si pongo este lado que todavía está cargado</u> (acerca el otro extremo de la barrita) <u>si se atraen</u>.. se siente atraído por esta carga.. <u>en un aislante solamente se carga la parte que se frota</u>...(muestra la barra, señalando arriba y abajo el extremo de la barra)</p> 	<p>Partes que la conforman</p> <table><tr><td>Descripción de segmento</td></tr><tr><td>Descripción de la explicación.</td></tr><tr><td>Recursos:</td></tr></table> <p>Gráficos o fotogramas. Se hace uso de óvalos, barras, flechas, esferas, y otras figuras para resaltar.</p>	Descripción de segmento	Descripción de la explicación.	Recursos:
Descripción de segmento				
Descripción de la explicación.				
Recursos:				

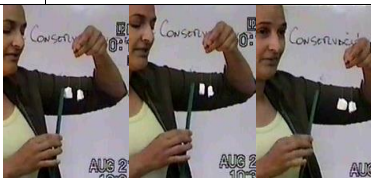
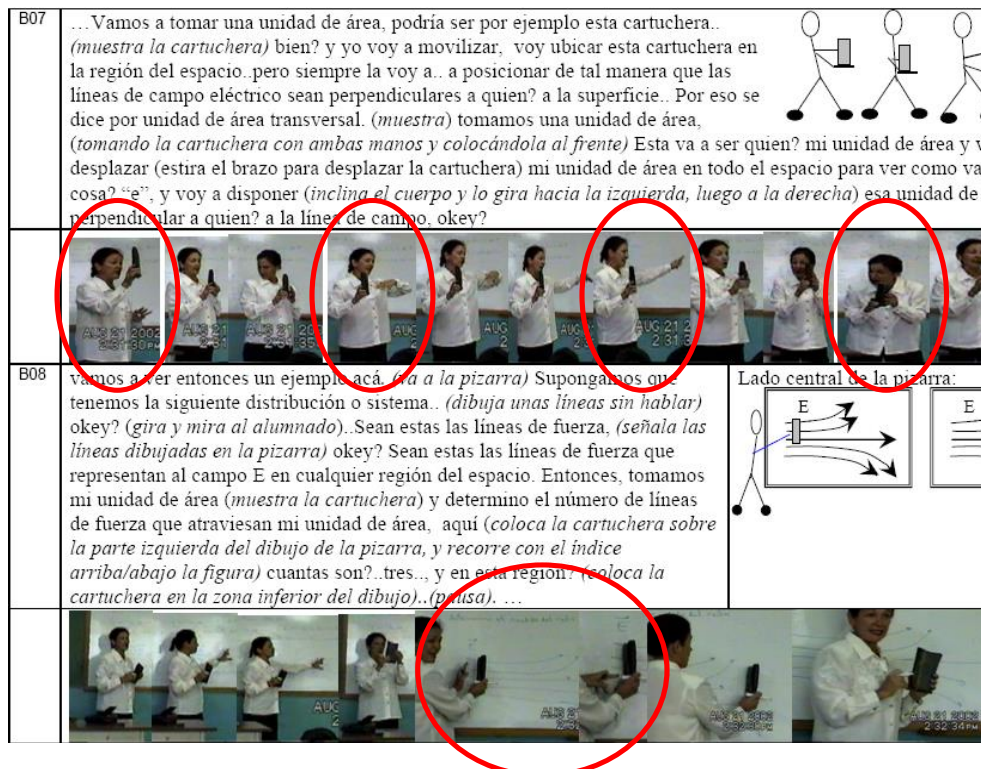
Demostración de Transferencia de cargas eléctrica.	
Episodio A12-M : cargas iguales se repelen	
Descripción de la explicación.	Recurso
<p>..el estaba ehh neutro</p> <p>..<u>yo cargué esto con una carga negativa</u></p> <p>..porque dijimos que la del vidrio es positiva y <u>la del ámbar es negativa</u></p>	<div><p>Propiedades de la carga eléctrica:</p><p>POSITIVA</p><p>1) Dos Tipos</p><p>2) Se conservan</p><p>3) Cuantización de la carga</p><p>NEGATIVA</p></div> <p>señala la barra y con la barra <u>señala la pizarra donde escribió “negativa”</u></p>
<p>y..este tiende a ser atraído</p> <p>y <u>cundo se pega</u>..</p> <p><u>él le pasa</u> la carga..y el después <u>se suelta</u> porque el adquirió la carga de este</p>	 <p>usa un lenguaje cotidiano mientras repite el experimento (se mantiene el contacto unos dos segundos antes de repelerse)</p>

Figura 3.6. Montse. Ejemplos de tablas de análisis.

Fuente: Elaboración propia





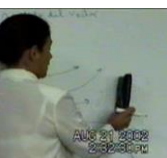
Representación utilizando un Objeto sobre el escenario dibujado en la Pizarra. Episodio B08_L.	
Descripción de la explicación.	Recurso
[B08_L] Sean estas las líneas de fuerza, ¿okey? Sean estas las líneas de fuerza que representan al campo E en cualquier región del espacio.	La Pizarra: dibuja un sistema formado por Líneas de un campo no uniforme. Apuntador: señala las líneas dibujadas
Entonces, tomamos mi unidad de área y <u>determino el número de líneas de fuerza que atraviesan mi unidad de área</u>	 Representación: coloca la cartuchera sobre las líneas de campo dibujadas en la pizarra.
Aquí ¿Cuántas son? ...tres...,	 Con la cartuchera sobre la parte izquierda del dibujo de la pizarra, y recorre el índice de la otra mano arriba/abajo la figura
y ¿en esta región?.. <u>(pausa).</u>	 (coloca la cartuchera en la zona inferior del dibujo)

Figura 3.7. Laura Ejemplos de tablas de análisis.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.8 se muestran las tablas de análisis del profesor Pere. En la parte superior se observa el episodio E04_P, descrito a partir de la propia tabla de transcripción simplificada y remarcada con redondeles lo que se desea resaltar. Este tipo de tablas se usan para dar una visión rápida y global de los segmentos. En la imagen inferior de la figura 3.8 se muestra el mismo episodio, pero con una tabla de análisis en dos columnas: descripción verbal – recursos utilizados, en la que resalta la sección de recursos con las imágenes del video y se sobreponen dibujos que destacan el hacer del profesor en la pizarra, en este caso el dibujo. En la imagen de la derecha se observa el mismo tipo de tabla, en este caso resaltando las expresiones matemáticas escritas en la pizarra.

Las tablas de análisis se diseñaron, manteniendo la visión narrativa al describir los análisis.

3.7.3.2 *Resultados del análisis de las explicaciones.*

Cada capítulo de análisis de las historias explicativas (seis, siete y ocho) se forma de apartados. Por ejemplo, en el capítulo 8, el primer apartado corresponde a la introducción, allí se presenta la mirada en que se realizó el análisis, los objetivos y las categorías aplicadas en ese capítulo, el segundo apartado corresponde a la historia de un profesor descrita y acompañada de las tablas como las mostradas en las figuras 3.6 y 3.7. El siguiente apartado corresponde a la segunda historia, y luego el apartado del tercer profesor con la tercera historia y finalmente cierre del capítulo. Dentro de cada apartado de una historia, se encuentran los análisis y resultados aplicando cada categoría.

En los capítulos de análisis se muestra el contexto multimodal donde se desarrolló el estudio, se describen los modos comunicativos, cómo éstos se presentan y cómo interactúan durante las explicaciones de los profesores para revestir de la presencia retórica a los conceptos científicos. Entre los modos comunicativos observados en la enseñanza y expresados a través del cuerpo destacan: los gestos, la mirada y la gestualidad corporal. La pizarra como medio ofrece el equivalente del cuaderno de notas del estudiante, donde las premisas se presentan a través de la escritura, el dibujo y la composición como un todo significativo. Adicionalmente, se observó la representación del profesor y se tomó como un medio aparte, por su complejidad, al crear una historia a través de la gestualidad, la pizarra y el uso de objetos.


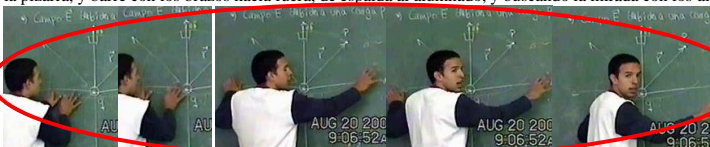
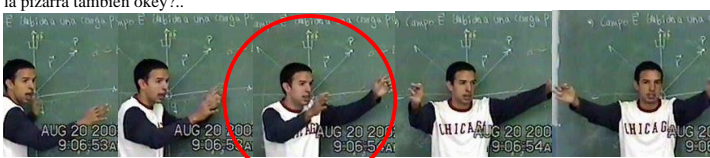
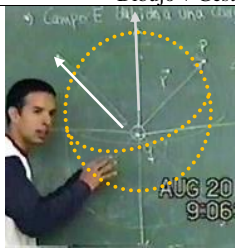
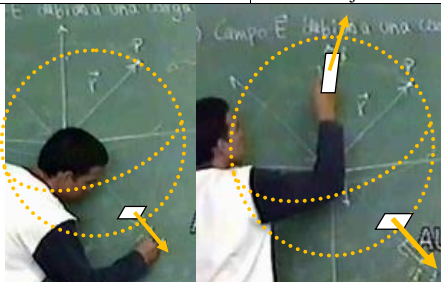
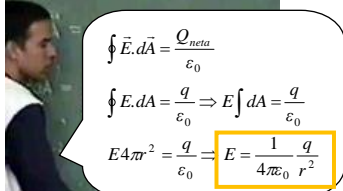
<p>CLASE #2 DE PERE – LEY DE GAUSS- CARGA PUNTUAL</p> <p>(E04_P) 9:06 ...Vamos a dibujar las líneas de campo...Esta es una (<i>dibuja una línea</i>)...esta es otra (<i>dibuja otra línea</i>)... acuérdate que son variables...(<i>sigue dibujando</i>) (...).entonces voy a pararme en algún lugar de esta superficie gaussiana...digamos por ejemplo aquí...(<i>dibuja un cuadrado y un vector saliendo de la esfera</i>). ahí el vector de superficie es paralelo al campo eléctrico, seguramente si me paro por acá arriba (<i>dibuja y se coloca a un lado</i>)</p>  <p>(E05_P) Pero estas son líneas que están en este plano okay? (se dirige con las manos al centro de la esfera la pizarra, y barre con los brazos hacia fuera, de espaldas al alumnado, y buscando la mirada con los alumnos)</p>  <p>..pero hay líneas (habla, mientras ubicado en el centro de la esfera, gira y simula con los brazos extendidos líneas que salen de él, a la derecha, al centro a la izquierda...como representando él a la carga) que salen la pizarra también okay?..</p> 		
<p>Ejemplo de Líneas de Campo. Episodio E04_P</p>		
<p>Descripción explicación.</p> <p>[E04_P] Vamos a dibujar las líneas de campo....</p> <p>Esta es una (<i>dibuja una línea</i>) ...</p> <p>esta es otra. (<i>dibuja otra línea</i>) ...</p> <p><u>acuérdate</u> que son variables... (<i>sigue dibujando</i>)</p> <p>(...).entonces voy a pararme en algún lugar de esta superficie gaussiana ...digamos por ejemplo aquí...</p> <p>ahí el vector de superficie es <u>paralelo al campo eléctrico</u>, seguramente si me paro por acá arriba (<i>dibuja</i>)</p>	<p>Recurso: La Pizarra Dibujo + Gestos : apuntador:</p>  <p>Dibuja las líneas de campo. de la carga salen líneas radiales que terminan en flecha indicando la dirección del campo.</p> <p>Apuntador: presenta las líneas a medida que las dibuja ("esta es una", "esta es otra") señala las líneas dibujadas.</p>  <p>(dibuja un cuadrado y un vector saliendo de la esfera, lo repite en dos puntos diferentes del dibujo)</p>	<p>Resuelve el desarrollo matemático hasta final, junto con los estudiantes murmuran y comentando en señal a responder lo que está haciendo el profe en la pizarra.</p>  <p>.....(copia el resultado en amarillo y lo encierra en un cuadrado)</p>

Figura 3.8. Pere. Ejemplos de tablas de presentación de análisis.

Fuente: Elaboración propia

3.8 Etapa 6. Resultados globales de la investigación

El capítulo 9, contiene los resultados de la investigación, organizados desde las dimensiones de estudio. En la perspectiva didáctica se presentan la comparación de los profesores con los resultados de los capítulos siete y ocho anteriores. En la perspectiva retórica argumentativa con los capítulos seis y ocho, aunque se complementa la perspectiva retórica con observaciones recogidas a lo largo de los análisis, presentando características de cómo se ven los profesores. En la perspectiva de los modos comunicativos, se describen las categorías que son nuevas y resultantes del estudio para esta investigación. Se complementan los modos comunicativos encontrados en el dibujo, la representación y la organización en la pizarra. Luego se presentan resultados de la dimensión gráfica, desde la representación multimodal de la historia construida en el aula y el concepto de la clase como una sucesión dinámica de historias explicativas, caracterizando a la actuación del profesor, a lo largo del tiempo y/o del contenido específico. Se compararon los tres profesores en la construcción de la explicación, intentando encontrar puntos de confluencia, para identificar los estilos explicativos y recursos utilizados en la creación de significado.

3.9 Etapa 7. Las conclusiones de la investigación.

En este apartado se presenta la mirada del estudio desde el objetivo inicial planteado: *Caracterizar la actuación docente del profesor de Física en una facultad de Ingeniería con la finalidad de conocer aspectos significativos que intervienen en la construcción de los conocimientos científicos en su explicación magistral*, tomando en cuenta la visión multimodal, retórica, didáctica de la explicación del profesor de física y del profesor.

Finalmente se discuten aspectos e implicaciones para la formación del profesorado, ya que la motivación de realizar la investigación fue obtener elementos analizados y extraídos en su contexto, para preparar actividades de formación didáctica específica para la mejora de la práctica docente del nuevo profesorado de física de la facultad de ingeniería de Carabobo - Venezuela.

3.10 Criterios de rigor científico de la investigación

Para fundamentar la teoría de los criterios de rigor, se utilizaron los fundamentos teóricos presentados por Bisquerra (2004), Guba y Lincoln (1989) y Sandín (2003, p.194).

El rigor de la investigación consiste en el grado de certeza de sus resultados, es decir, del conocimiento que ha producido. El conocimiento científico resultante de la investigación cualitativa es un conocimiento construido a partir del estudio de un contexto particular (idiográfico), además de integrar descripciones y narraciones realizadas a partir de las percepciones de los protagonistas (práctico y subjetivo). Su propósito es reflejar una forma de hacer y de ser en una realidad determinada.

Es necesario tener en cuenta unos procedimientos que aseguren que la descripción e interpretación sobre la realidad estudiada corresponda realmente a la forma de sentir, de entender y de vivir de las personas que han proporcionado la información y que forman parte de ésta, y desde la investigación cualitativa, se han desarrollado técnicas y procedimientos para asegurar, fundamentar y evidenciar el valor de verdad del conocimiento generado.

Guba y Lincoln (1989) postulan la necesidad de valorar la investigación cualitativa a partir de unos criterios que partan del marco de referencia propio de este tipo de investigación. A partir de los criterios convencionales de la investigación cuantitativa (validez interna, validez externa, fiabilidad y objetividad), este autor establece conceptos equivalentes en los siguientes términos: credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad, definiéndolos desde las características propias de la investigación cualitativa.

3.10.1 Credibilidad.

En la investigación cualitativa la preocupación reside principalmente en contrastar la credibilidad de las interpretaciones y creencias de la persona que investiga con la información proporcionada por los participantes. El objetivo es demostrar que el estudio se ha hecho de forma pertinente, tratando de garantizar que el tema fue identificado y descrito con exactitud.

	<i>Credibilidad</i>
	Para garantizar la credibilidad, durante la realización del estudio: a) el estudio se realizó durante un período prolongado tiempo, dentro del contexto educativo, b) la observación fue persistente. Las observaciones se realizaron desde el comienzo de la asignatura, y de manera continua, durante todo el dictado del programa de electrostática en la asignatura,
	La <i>triangulación</i> , se utilizó para el diseño de las tablas de categorización, y para los análisis de secuencias específicas; dependiendo del tipo de información que se quiera valorar y en varios niveles de análisis (individual e interactivo): a) Se trianguló el análisis los datos provenientes de la plataforma teórica de diferentes fuentes, b) Se triangularon tres profesores en una misma sección de clases (las clases de tres profesores en el mismo tema), c) tres profesores y una hipótesis (líneas de campo darlas si son/puede ser/no son necesarias), d) tres profesores y ritmo.
	<i>Juicio crítico de compañeros.</i> Durante la realización de la investigación, se sometió a la revisión y crítica de compañeros de investigación, y profesores especializados en el área del análisis del discurso, enseñanza de las ciencias experimentales y pedagogía. Se trabajó en paralelo por un gran periodo inicial, con una compañera de trabajo del departamento de Física donde se realizó el estudio, también investigaciones en el área, y con quién se realizaron discusiones académicas, haciendo tormenta de ideas y de análisis crítico. Cuento también con la asesoría de profesores del departamento quienes me aportaran sus críticas constructivas, respecto al estudio. Todo ello con la finalidad de ir comprobando los avances, y buscando preguntas inquisitivas desde el exterior, que lo lleven a observar detalles que no había tomado en cuenta o que falta por aclarar.
	La subjetividad crítica. Según Sandín (2003: 194) lo describe, se refiere a tomar una posición auto crítica como investigadora, sobre sus planteamientos iniciales (teóricos, ideológicos, éticos) con el fin de que éstos no afecten a la investigación.
	Compartir privilegios. Tratar de no olvidar que la investigación es una actividad para el profesorado del departamento, realizadas con su participación junto conmigo; por lo que los beneficios de la realización del estudio deben ser para todos de una forma democrática, Sandín (2003: 194).
	Recogida de material Referencial. Se trató de guardar los procesos de transcripción y categorización de los videos.
	Otro punto para tomar en cuenta, es la reciprocidad, que quiere decir que la validez del conocimiento viene determinada por la calidad de la relación (de participación y cooperación) entre el investigador y los participantes del contexto de estudio (Sandín, 2003:194). Se trató de crear y mantener un buen ambiente de trabajo para la realización del estudio.
	Después de haber concluido el estudio: a) <i>establecer corroboración estructural</i> como investigadora tomó en cuenta dentro de la interpretación de los resultados, aquella que explique las aparentes contradicciones alternativas o casos atípicos; y se elaboró un informe coherente; con consistencia, sincronización, lógica y de una sola pieza, b) <i>establecer la adecuación referencial</i> , se realizó la comprobación de los análisis, con los documentos, grabaciones, etc.

3.10.2 La Transferibilidad.

La transferibilidad hace referencia a la posibilidad de que la información obtenida pueda proporcionar conocimiento previo en otros contextos de características similares, es decir, pueda aplicarse y utilizarse como información referencial en otros contextos. Durante la investigación se utilizaron estrategias como:

	<i>La Transferibilidad.</i>
	<p>El muestreo teórico.</p> <p>El estudio se fundamentó en una búsqueda bibliográfica intensiva. Apoyo en la información proporcionada por las investigaciones anteriores realizadas en el área de la educación y la enseñanza de las ciencias, que pueda ayudarme a fundamentar mi investigación, sin olvidar, la realidad social y cultural del contexto educativo, donde se aplicará mi estudio, buscando maximizar la cantidad de información recogida para iluminar los fenómenos o situaciones a la hora de comparar escenarios y contextos múltiples para descubrir lo que es común y específico.</p>
	<p>Se desarrollaron descripciones minuciosas del contexto, con el fin de establecer juicios sobre la correspondencia con otros contextos posibles. Realizar descripciones exhaustivas y minuciosas del contexto con el fin de establecer correspondencias con otros contextos posibles y hacer más extensivas las generalizaciones, comparar este contexto con otros contextos posibles; ya que si la transferibilidad depende de la equivalencia de características, se debe proporcionar información necesaria para determinar el grado de correspondencia.</p>

3.10.3 La Dependencia

La dependencia es el nombre acuñado para denominar la consistencia de los datos. Dicho término hace referencia a la *fiabilidad de la información*, a la *permanencia* y *solidez* de la misma en relación con el tiempo. El tipo de datos (significados) en que se basan los estudios cualitativos y la forma de conseguirlos (técnicas interactivas, abiertas y flexibles) hacen de este aspecto uno de los más susceptibles de ser supervisado en la investigación. Para garantizar la dependencia se utilizan estrategias como:

	<i>La Dependencia.</i>
	<p>Se usaron métodos que se solapan y complementan. Se recogió información sobre las explicaciones de los profesores y fueron analizadas e interpretadas desde diferentes visiones, perspectivas y categorías de análisis. Se utilizaron varios métodos favoreciendo la complementariedad, un tipo de triangulación en el que se pueden usar varios métodos a la vez.</p>
	<p>Réplica paso a paso. Se realizaron revisiones sobre los procedimientos seguidos, y con las circunstancias concretas que rodearon el fenómeno estudiado. Se realizó el seguimiento y toma de notas de la evolución del estudio. La investigación tomó en cuenta la comunicación entre los participantes (individual o por equipos) de forma periódica tomando momentos importantes del estudio, con el fin de contrastar conocimientos que evolucionan y decidir los pasos siguientes de forma adecuada.</p>
	<p>Se elaboran pistas de revisión. En este sentido, se realizaron análisis detallados con base a categorías diseñadas, y a lo largo del informe puede observarse cómo paso a paso se fue llevando a cabo cada análisis.</p>

3.10.4 La Confirmabilidad.

La confirmabilidad, hace referencia al intento de proporcionar una información lo más consensuada posible y por lo tanto encaminada hacia la objetividad y neutralidad. El criterio de confirmabilidad consiste en confirmar la información, la interpretación de los significados y la generación de conclusiones. Para garantizar la confirmabilidad se utilizan estrategias como:

	<i>La Confirmabilidad.</i>
	Se utilizó la triangulación. Proporcionando la documentación necesaria para cada afirmación, desde al menos dos fuentes.
	Ejercicio de reflexión epistemológica. El estudio se llevó a cabo con conocimiento del departamento. Para ellos se realizó las presentaciones necesarias al profesorado, donde se les manifestó los supuestos epistemológicos subyacentes que llevaron a plantear y orientar la investigación de una determinada manera. Los informes de investigación incluyen normalmente discusión del problema y del método; es igualmente importante discutir sobre el “yo investigadora”, y documentar los cambios de orientación.
	Auditoria de Confirmabilidad. La teoría naturalista de la credibilidad es incompleta, uno no puede reunir la evidencia que fuerce a otro aceptar la credibilidad del estudio, sino la evidencia que convenza al otro de su relativa credibilidad. En este aspecto se contó con los asesores y tutores de la tesis, que fungieron como auditores externos, para controlar la correspondencia entre los datos y las inferencias e interpretaciones extraídas por parte de la investigadora. Después de acabar el estudio, se realizará defensa del mismo ante un jurado de la Universitat de Barcelona, que certifique que los datos existen en apoyo de cada interpretación, y que las interpretaciones se han hecho de forma consistente con los datos disponibles.
	Descriptores de baja inferencia. Son registros del fenómeno lo más precisos posible: transcripciones textuales, citas directas de fuentes documentales, etc. Como investigadora proporcioné controles del sesgo de las interpretaciones. Para ello se contó con el apoyo de un colega que podría hacer de “abogado del diablo” y cuestionaba los análisis del investigador, se buscó siempre la contraparte, o ejemplos negativos; y seguir si es posible, las directrices de investigadores anteriores para controlar la calidad de los datos.

4. Categorías de análisis

✚ En este capítulo se presenta el proceso de categorización, complementando el capítulo anterior del diseño de la investigación, e involucra la descripción de las categorías que definen cada dimensión de análisis. La construcción del marco analítico está basada en los referentes teóricos de la investigación formada por una estructura con cuatro dimensiones, tres de ellas forman la plataforma de la investigación: la visión didáctica, con la perspectiva del modelo educativo para la construcción de las unidades didácticas, la retórica didáctica comunicativa de la historia científica de Ogborn y Mortimer, la visión retórica-argumentativa de Perelman, basada en la teoría de la nueva retórica de Perelman, y la visión multimodal de la acción del profesor en el aula, donde figuran Lemke y Kress entre otros. En el proceso de categorización luego de aplicar estas tres dimensiones, se añade una dimensión T a nivel superior, que persigue la representación de la trayectoria que describa el desarrollo de la historia explicativa desde varias perspectivas: la interacción de las tesis y argumentos, la generación y resolución de tensiones, y la interacción multimodal. De este ensamble teórico se seleccionan las categorías y se diseñan herramientas didácticas que servirán de guía para el análisis de las explicaciones.

4.1 Introducción

En esta etapa de la investigación se concretan las categorías del marco analítico basado en la integración de la visión didáctico, multimodal, retórico argumentativo y representacional en el desarrollo de la historia explicativa del profesor de física en ingeniería.

La categorización es necesaria ya que es la herramienta analítica para realizar el análisis en la investigación.

4.1.1 Las líneas de la investigación

A continuación, las categorías de análisis tomando en cuenta las tres líneas de estudio que motivan la investigación:

- La visión didáctica en la construcción de la explicación: ¿Cómo se puede caracterizar la explicación del profesor desde un punto de vista didáctico-comunicativo? Toma aspectos didácticos que describan el desarrollo de la historia en la explicación. Se mezclan aspectos de la explicación como una historia multimodal a desarrollar en las clases de ciencias; desde el marco teórico de Duit (2007), Ogborn, Kress, Martins, McGillicuddy (1996) y el de Mortimer y Scott (2003) junto con otros referentes que los complementan.
- La visión retórica argumentativa: Abarca los aspectos argumentativos-retóricos de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000). Desde la visión argumentativa, la construcción de las premisas, las tesis, el desarrollo de los argumentos y su interacción en la explicación y otros elementos retóricos como la presencia, la creación de comunión con el auditorio.
- La visión Multimodal: ¿Cómo es la interacción del profesor con el medio, para lograr la construcción de la historia explicativa? Toma en cuenta los aspectos multimodales, específicamente el uso de los modos que acompañan al verbal. Aunque su diseño es mayormente inductivo, parte de un marco base con Lemke (1998, 2002), Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis (2001) y otros referentes que lo complementan. El esquema final de esta categoría se logró al realizar los análisis en esta investigación, ***es un resultado de la investigación***.
- La dimensión representacional: “¿Cómo expresar en un esquema o alguna forma gráfica cualitativa, la historia explicativa analizada, de forma que tome en cuenta la secuencialidad en el tiempo y contenido? Corresponde a un nivel superior del análisis, buscando ***herramientas didácticas*** para expresar de forma visual, (tablas, esquemas, gráfica, barras, etc.) los aspectos analizados en las perspectivas anteriores.

4.1.2 Las dimensiones del análisis

A partir de las tres líneas de estudio que orientan el diseño del marco teórico, y cuidando la continuidad del proceso enseñanza y aprendizaje y las escalas en el tiempo fundamentados en Lemke, (2001), Badreddine (2011), y más actual Tiberghien, Badreddine, Cross (2018); se construyen cuatro dimensiones. A continuación, se describen las dimensiones que organizan el análisis de la investigación:

- **Dimensión 1. Aspectos Didácticos:** *dividida en dos partes, la primera: “la construcción didáctica de la explicación”* (base para construir las unidades didácticas en el **capítulo cinco**) que parte de los saberes enseñados, ¿cómo son los saberes que organiza el profesor?, basada en el orden de contenido en el tiempo, las partes que forman la explicación identificando criterios y propósitos de enseñanza, que servirán para seleccionar y ensamblar las historias explicativas que formaran las unidades didácticas de los capítulos seis, siete y ocho. La segunda *“las formas de intervención del profesor en el aula”* que permite analizar, describir y caracterizar la historia explicativa (o un segmento de ella) tomando en cuenta elementos didácticos en la intervención del profesor como: la retórica en la enseñanza, el guion de la explicación en la construcción de significados, la elaboración de entidades, promover aptitudes y habilidades propias de la profesión, aplicada en los **capítulos siete y ocho**. Se refiere a la interpretación que se hace del trabajo docente en el aula al construir la historia, elaborando entidades y generando o solventando tensiones en el curso de la explicación y los recursos que utiliza. Esta dimensión combina el marco didáctico de Mortimer, (2003), de Ogborn et al (1996), llevado a la explicación magistral de física.
- **Dimensión 2. Aspectos Argumentativos:** *“la visión argumentativa de la explicación”,* basada en el referente retórico principal de Perelman y Olbrechts-Tyteca, la teoría de la argumentación, con el fin de presentar la construcción de la tesis desde las premisas, los tipos de argumentos en la historia y se adaptan aspectos para analizar la explicación como una historia, tomando en cuenta la interacción de los argumentos. Igualmente se agregan componentes retóricos como la presencia y creación de la comunión en el auditorio. Permite analizar la historia explicativa (o un segmento de ella) para: a) identificar premisas y tesis, tipos de premisas, formas de presentarlas, **capítulo seis**, b) identificar y caracterizar los argumentos, técnicas discursivas, orden en la explicación y la contribución de la multimodalidad en la construcción de argumentos, **capítulos seis y ocho**, c) identificar elementos retóricos como la presencia, la creación de la comunión, la construcción del

auditorio, **capítulo ocho**, d) describir la historia o segmentos de ella, según las estructuras argumentativos, **capítulos 6 y 8**.

- **Dimensión 3. Aspectos Multimodales:** “la visión multimodal de la explicación”. La multimodalidad reviste todos los capítulos. Toma en cuenta cómo el profesor (con y sin el discurso verbal) interactúa con el medio para lograr la construcción de significado y la adhesión de la audiencia a su explicación. Permite analizar una secuencia de clases para: a) resumir de manera gráfica la puesta en escena, **capítulos siete y ocho**, b) identificar los modos comunicativos utilizados por el profesor de física que caracterizan su actuación, **capítulos seis, siete y ocho** c) describir la historia, identificando y caracterizando los modos comunicativos que utiliza cada profesor y la interacción, **capítulo ocho**, d) describir la historia, identificando y caracterizando los modos comunicativos que utiliza cada profesor y la interacción, **capítulo ocho**.
- **Dimensión T. La trayectoria explicativa de la historia:** “La representación del desarrollo de la historia”. ¿Cómo condensar en un esquema o alguna forma gráfica cualitativa, la historia analizada, de forma que describa en el tiempo su desarrollo? Realiza un análisis en segmentos de la historia, a partir de las dimensiones anteriores, con el fin de: a) representar la interacción de los argumentos en la historia, **capítulos 6 y 8**, b) representar la generación/resolución de tensiones en la historia, **capítulo 7 y 9**, c) representar la interacción de modos comunicativos usando un esquema de barras modales, **capítulo 8**.

4.1.3 Los capítulos de análisis

A partir de las dimensiones de análisis se estructuran las categorías a aplicar, para obtener la caracterización específica de cada capítulo. En la tabla 4.1 se resume el diseño de los capítulos en función de las dimensiones de análisis; se muestran dos columnas, la primera con las dimensiones de análisis, y la segunda contiene la descripción de los capítulos realizados.

Tabla 4.1. Distribución de las dimensiones de análisis en el diseño de los capítulos

<p>DIMENSIÓN 1. Aspectos Didácticos</p> <p>“La construcción didáctica de la explicación”, permite analizar una secuencia de clases para: a) construir las unidades didácticas, basada en el orden de contenido en el tiempo, capítulo cinco, b) identificar los propósitos de enseñanza, basada en las partes que forman la explicación, capítulo seis y siete, c) caracterizar las formas de intervención del profesor en el aula, que toma en cuenta: la retórica en la enseñanza, destaca la construcción de significados, elabora entidades, promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión, capítulo siete y ocho. Aspectos didácticos de la historia. Capítulos 5, 7 y 8.</p>	<p>LAS SECUENCIAS DE LAS EXPLICACIONES- Análisis macro inicial</p> <p>CAPÍTULO CINCO: Dimensión 1a. “El orden de contenido en el tiempo”. Análisis de la secuencia de la explicación para la construcción de las historias. Visión didáctica de la construcción de los saberes enseñados. ¿Cómo son los saberes que organiza el profesor?, con respecto al tiempo, contexto educativo, currículo, posiciones académicas, entre otras Análisis macro</p> <p>DOS HISTORIAS CONSTRUIDAS Análisis y resultados</p> <p>CAPÍTULO SEIS: Dimensiones 2 y Ta. “Los tipos de argumentos y su interacción en la historia construida: La carga eléctrica” visión retórico argumentativa y multimodal sobre la “construcción de una explicación” formada por partes, según propósitos de enseñanza, de cada profesor.</p>
<p>DIMENSIÓN 2. Aspectos Argumentativos</p> <p>“La visión argumentativa de la explicación”. Toma en cuenta la construcción argumentativa de la explicación desde la teoría de Perelman. Permite analizar una secuencia de clases para: a) identificar premisas y tesis, tipos de premisas, formas de presentarlas, capítulo seis, b) identificar y caracterizar los argumentos, técnicas discursivas, orden en la explicación y la contribución de la multimodalidad en la construcción de argumentos, capítulo seis y ocho, c) identificar elementos retóricos como la presencia, la creación de la comunión, la construcción del auditorio, capítulo ocho. Aspectos argumentativos de la historia. Capítulos 6 y 8.</p>	<p>CAPÍTULO SIETE: Dimensiones 1, 3 y Tb. “Aspectos didácticos y multimodales en la historia construida: Líneas de campo eléctrico”. El análisis de la generación y resolución de tensiones cognitivas en el desarrollo de la historia explicativa. Visión didáctico – multimodal - Gráfica de trayectoria narrativa versus tensiones en la explicación y tensiones. formada por partes, según propósitos de enseñanza, de cada profesor.</p>
<p>DIMENSIÓN 3. Aspectos Multimodales.</p> <p>“La visión multimodal de la explicación”. Toma en cuenta cómo el profesor (con y sin el discurso verbal) interactúa con el medio para lograr la construcción de significado y la adhesión de la audiencia a su explicación. Permite analizar una secuencia de clases para: a) resumir de manera gráfica la puesta en escena, b) identificar los modos comunicativos utilizados por el profesor de física que caracterizan su actuación, c) identificar y caracterizar la interacción de los modos comunicativos, capítulos 7 y 8. Aspectos multimodales de la historia. Capítulos 7 y 8.</p>	<p>TRES HISTORIAS CON ESCENARIOS COMUNES Análisis y resultados</p> <p>CAPÍTULO OCHO: Dimensiones 1, 2, 3 y Tc. “Tres historias con escenarios comunes, que inician la unidad de Flujo eléctrico y ley de Gauss”. Aspectos didácticos, argumentativos y multimodales de las explicaciones de los profesores. Esquema a nivel de tesis y argumentos que intervienen a lo largo de la explicación. Esquema de barras modales que describen la interacción de modos comunicativos en la historia explicativa. Resultados globales de los tres profesores. La mirada de la actividad docente, de forma macro-secuencial.</p>
<p>DIMENSIÓN T. La trayectoria explicativa de la historia</p> <p>“La representación de la trayectoria explicativa de la historia”. Realiza un análisis en segmentos de la historia, a partir de las dimensiones anteriores, para caracterizar la actuación del profesor a través de: a) representar la interacción de los argumentos en la historia, capítulo 6, b) representar la generación/resolución de tensiones en la historia, capítulo 7, c) representar la interacción de modos comunicativos usando un esquema de barras modales, capítulo 8. Aspecto representacional de la explicación. Capítulos 6,7 y 8.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Dimensión 1. Aspectos didácticos

Se presenta un enfoque integrado para capturar y caracterizar el habla de ciencia en la escuela, que se basa en cinco aspectos enlazados, tomando en cuenta el rol del profesor, al hacer disponible la narración científica, y en dar soporte a los estudiantes para dar sentido a esta narración. Esta dimensión se divide en dos partes: **dimensión 1a** con las categorías para seleccionar las historias explicativas que formarán a las unidades didácticas, y **dimensión 1b** con las categorías para caracterizar las formas de intervención en el aula de las historias explicativas.

Para analizar los procesos comunicativos en las formas de intervención didáctica en la construcción de significado se tomaron varias teorías y visiones, entre ellos Mortimer y Scott (2003); Ogborn et al (1996) quienes, desde la visión sociocultural del aprendizaje, de cómo el discurso social da origen al desarrollo del funcionamiento mental de los individuos y en la enseñanza - aprendizaje del maestro, analizan cómo se desarrolla el relato científico a través de secuencias de clases hasta construir una unidad didáctica. Al igual, consideran la enseñanza como un proceso dialógico. Se presenta un enfoque integrado para capturar y caracterizar el habla de ciencia en el aula, tomando en cuenta los diferentes roles del profesor al construir su narración científica, para dar soporte a los estudiantes y sentido a esta narración.

4.2.1 Dimensión 1a. La construcción de la unidad didáctica.

Se requiere construir estructuras didácticas que forme la base de estudio dimensional, a partir de las explicaciones de los profesores, para ello es necesario analizar los saberes en la explicación de los profesores (ver Grisales-Franco y González-Agudelo, 2009), contrastarlos con las pautas educativas de su contexto, fijar criterios de selección, y estructura para obtener las estructuras didácticas que satisfagan los objetivos de la investigación. En la tabla 4.2 se encuentra la categorización de la dimensión 1a.

La unidad didáctica es una unidad de enseñanza construida a partir del discurso de los profesores en sus explicaciones, tomando en cuenta las características de enseñanza dentro de un contexto particular presentada en esta investigación en un formato multimodal, y creada con un propósito de formación; tiene el potencial de servir de elemento base (o recurso piloto) para el diseño de futuros talleres de formación.

Tabla 4.2. Dimensión 1a. Categorías de análisis socio didáctico comunicativas. La construcción de la unidad didáctica a partir de las secuencias explicativas.

La selección de la historia explicativa: Cómo se caracteriza y segmenta la secuencia explicativa para seleccionar aquellas historias que constituirán las unidades didácticas		
La construcción de los saberes. Caracteriza las secuencias de las explicaciones en función del discurso del profesor y el contexto educativo (currículo, posiciones académicas, entre otras)	Según el saber enseñado, el tiempo dedicado por los profesores y el contexto educativo ¿Cómo se desarrolla la secuencia de explicaciones?	El saber dado ¿Cuál es la estructura de los contenidos dados por el profesor, siguiendo el orden de su explicación? El saber situado ¿Cómo son los saberes que organiza el profesor? Con respecto a situaciones particulares, que hacen que la estructura de los contenidos sea interesante de estudiar El saber enseñado y el currículo El programa curricular El orden temático del profesor Desarrollo de la narración y la coherencia del currículo.
La estructura didáctica Caracteriza el diseño de las unidades didácticas según la secuencia y orden esperado de una clase y según la combinación de discursos. (se toman en cuenta criterios resultantes del análisis de la categoría anterior)	Según los discursos de los profesores. ¿Cómo se estructura la unidad didáctica?	La historia individual Una secuencia de segmentos explicativos que pertenecen a un mismo profesor. La historia construida Una secuencia de segmentos explicativos que pertenecen a la combinación de varios profesores.
	Según las partes que forman la explicación. ¿Cómo se clasifican los contenidos, según los propósitos del profesor al construir la historia?	Introducción 1. La apertura del tema, integración intelectual y emocional de la audiencia al desarrollo de la historia y explorar la visión del estudiantado Definición y características (desarrollo teórico) Introduce y desarrolla la narración científica. Creando los significados científicos. Mantiene el desarrollo de la narración científica. Ejemplo Presenta las premisas que llevan a la definición del concepto. Guiar a los estudiantes para trabajar con las ideas científicas y su internalización. Resolución de problemas Aplicación de la visión científica. Guía al estudiante a aplicar el significado científico enseñado y extrapolarlo en un rango de contextos.

Fuente: Elaboración propia

Para analizar los saberes de la explicación se seleccionaron categorías que incluyen: a) el orden temático de la explicación del profesor en el tiempo. ¿Cómo las explicaciones, enlazan los contenidos establecidos en el programa: unidad, temas, subtemas? es una categoría inductiva que persigue analizar cómo las explicaciones enlazan los contenidos programáticos: unidad, temas, subtemas, b) el orden en el tiempo de la explicación del profesor. ¿Cómo el profesor distribuye su tiempo al desarrollo de los tópicos?, una categoría inductiva que analiza cómo el profesor distribuye su tiempo al desarrollo de los tópicos, y c) ¿Cómo son los saberes que organiza el profesor?, con respecto al contexto educativo, currículo, posiciones académicas, entre otras. Todos son necesarios para iniciar un análisis didáctico en las explicaciones, ellas revelan características de interés, bien sea deducido por el currículo, o por otros aspectos situados en el contexto educativo.

4.2.1.1 *Categoría: La construcción de los saberes.*

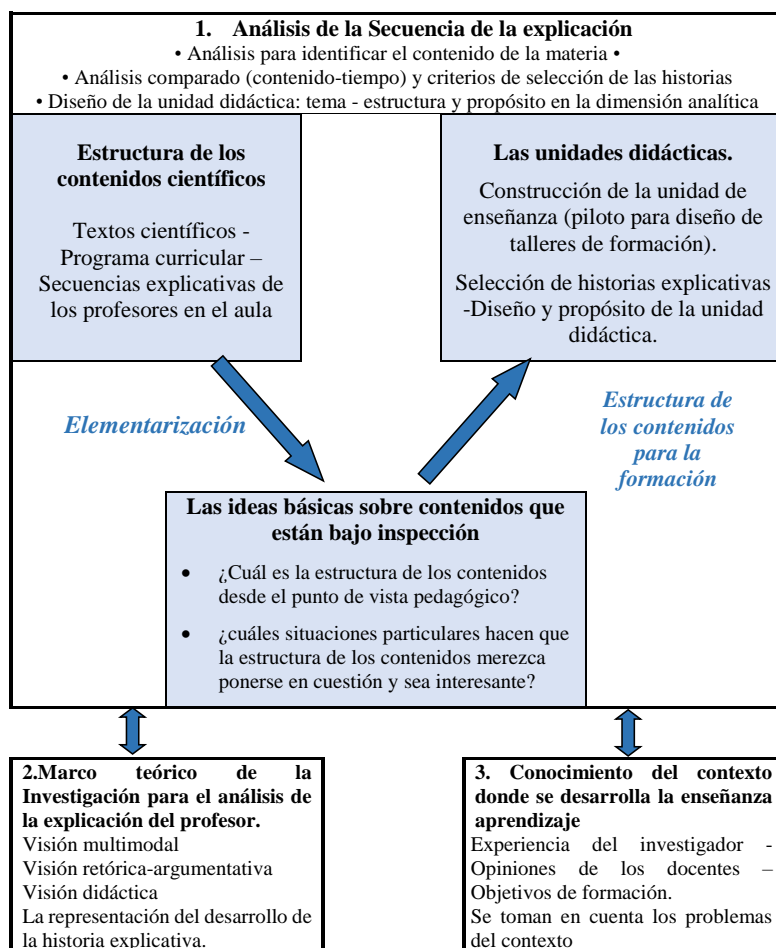
La categoría de análisis desde la visión didáctica de la construcción de los saberes, tiene como objetivos a) conocer la estructura de conocimientos que realizaron los profesores en la explicación que representan el saber enseñado, b) guiar la selección de historias que formaran las estructuras de las unidades de enseñanza.

El diseño de las categorías se basó en el modelo de reconstrucción educativa presentado por Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek, Parchmann (2012), específicamente en el análisis de la estructura de los contenidos, a un nivel básico para obtener las estructuras explicativas como unidades didácticas que sirvan para los propósitos de esta investigación.

En la figura 4.1 se muestra la adaptación realizada del modelo de Duit (2007, 2007b) para analizar y construir la unidad de enseñanza. En el primer componente de este modelo: el *análisis de la secuencia de la explicación (estructura de los contenidos)*, ver la imagen en el cuadro superior de la figura 4.1, se presentan tres componentes enlazados indicando la secuencia a realizar para que, a partir de *la estructura de los contenidos científicos* de un campo específico del conocimiento, se logre la transformación para obtener una estructura apta para la enseñanza, que sería “la estructura de los contenidos científicos para la enseñanza”. El puente lo hacen los criterios didácticos sobre los contenidos que están bajo inspección y los criterios de diseño y formación que generan la nueva estructura didáctica. Estas ideas estructuran el análisis educativo y parten del principio de la primacía de los propósitos y las intenciones de la enseñanza, y se plantea las siguientes preguntas: ¿cuál es la estructura de los contenidos desde el

punto de vista pedagógico? y ¿cuáles son las situaciones particulares que hacen que la estructura de los contenidos sea interesante de estudiar?

Figura 4.1. Adaptación del modelo de Duit (2007) para analizar y construir la unidad de enseñanza.



Fuente: Elaboración propia.

Estas son las bases que fundamentan la categoría de la construcción de los saberes para estructurar los contenidos de las unidades didácticas. En la tabla 4.2 se encuentra la categorización de la dimensión 1a, donde se puede observar en la primera fila, la categoría de la construcción de los saberes, la cual se subdivide en tres subcategorías:

- **El saber dado o enseñado.** El saber dado está representado por la explicación dada por cada profesor, y responde a *¿cuál es la estructura de los contenidos dados por el*

profesor, siguiendo el orden de su explicación? Esta categoría es utilizada para identificar y caracterizar las secuencias de las explicaciones de cada profesor según el orden temático y el tiempo en el capítulo cinco. Corresponde al análisis macro de toda la explicación para cada profesor, con una duración de cinco horas académicas. Aunque se conoce que las explicaciones se encuentran curricularmente ubicada en la primera parte de electrostática, se pretende conocer con detalle *¿de qué hablan los profesores?*

- **El saber situado.** Representa el conocimiento que proviene de situaciones propias del contexto educativo, responde a *¿Cómo son los saberes que organiza el profesor, con respecto a situaciones particulares, que hacen que la estructura de los contenidos sea interesante de estudiar?* El saber situado coloca una referencia, sobre el universo de saberes. En este caso se limita con el tema dentro del pensum de ingeniería de un sitio específico, en un departamento específico con ideas discutidas allí; es decir es el saber ubicado dentro del área de conocimiento y contrastado con las características del contexto educativo analizado. Esta categoría aporta criterios para seleccionar los subtemas que son interesantes para desarrollar como historias, en la construcción de las historias.
- **El saber dado o enseñado y el currículo.** El saber dado debe partir de una base de conocimientos que son la referencia. Se toma en cuenta el programa curricular, el cronograma de las sesiones de clases, y se compara con la secuencia explicativa de los profesores para identificar de forma comparada entre los profesores, características en el orden temático, en el desarrollo de la narración y la coherencia respecto al programa curricular, entre otros. Responde la pregunta *¿cómo se organiza el contenido curricular dentro de los contenidos de las explicaciones para cada profesor? y ¿cuál es el orden llevado en el tiempo?* permite realizar el análisis comparado de los profesores con respecto a referencias, y así identificar en las secuencias de explicaciones de cada profesor: a) elementos característicos según el orden temático y las pautas curriculares, respecto a la organización y distribución del tiempo; b) caracterizar las secuencias por segmentos temáticos que dirigen las explicaciones para los tres profesores.

Una vez conocido el contenido de las explicaciones, en base a lo encontrado, a las pautas curriculares y con el conocimiento particular del contexto educativo; se establecen o identifican criterios que permitan responder *¿Cuáles son los subtemas que son interesantes para desarrollar como historias?* y *¿cuáles segmentos de explicación seleccionar de cada profesor, en la construcción de las historias?* Se hace necesario seleccionar los segmentos que formaran las historias explicativas. *¿cómo seleccionar estos contenidos, y de esos*

contenidos cuales segmentos analizar? Y una vez seleccionados los posibles segmentos ¿cómo estructurar la historia a construir entre los tres profesores?

4.2.1.2 **Categoría: La estructura didáctica de la unidad de enseñanza**

En esta categoría se encuentran los criterios para categorizar y ensamblar las historias explicativas como unidades de enseñanza. Esta categoría *permite obtener las estructuras de las unidades didácticas de la investigación, a partir de los segmentos seleccionados y las partes que forman la explicación*. Se identifican dos sub-categorías:

➤ **La estructura de la unidad de enseñanza según los discursos de los profesores**

Esta categoría identifica dos formas de construir la unidad didáctica: a) **la historia explicativa individual**: formada por la secuencia de segmentos de explicación de un mismo profesor, b) la **historia construida**: formada por la combinación de historias individuales de diferentes profesores.

➤ **El orden según las partes que forman la explicación**

Esta categoría responde a la pregunta *¿cómo se clasifican los contenidos de las explicaciones según los propósitos del profesor al construir la historia explicativa?* Se refiere a la interpretación que se hace de los propósitos de la enseñanza de Mortimer, (2003), y las estructuras de la explicación magistral de física, el desarrollo de la narración y la coherencia del currículo. ¿Cómo se construyen los significados a lo largo de la historia narrada por el profesor? el saber enseñado y el currículo. A medida que una secuencia de enseñanza se desarrolla, se dirigen diferentes propósitos de enseñanza dependiendo de la fase en particular, de la lección. Considerando a la ciencia enseñada, la pregunta clave es: ¿Cuál es el propósito logrado, en esta fase de la lección? Para ello se divide la explicación en las partes conocidas en la explicación de un tema científico, identificándose:

- **Introducción.** La introducción del tema, puede representar la apertura de la clase o del tema, y es común observar el *engagement* en la apertura de clases o de la unidad, donde por lo general el profesor *integra* intelectual y *emocionalmente*, al *estudiantado* (audiencia), *al desarrollo de la historia científica* y *explora la visión del estudiantado*. En la introducción de la clase puede observarse un repaso de lo

visto o el comentar sobre las partes que conforma la historia científica, para ayudar a los estudiantes a tener una visión de hacia dónde va la explicación y ubicarlo dentro del currículo de la ciencia.

- **Definición y características, (*desarrollo teórico*).** Define, describe, clasifica y desarrolla los conceptos o entidades en la narración científica, construyendo los significados científicos o reforzando otros conceptos conocidos. El profesor mantiene el desarrollo de la narración científica. Se puede observar que el profesor explora y trabajar sobre la visión del estudiantado, o verifica la visión y la comprensión de ideas y fenómenos específicos en el estudiante.
- **El ejemplo** o aplicación de la visión científica. *Guía a los estudiantes para trabajar con las ideas científicas* (los significados científicos) *y su internalización*. Da soporte al estudiante para dar sentido, e internalizar, estos significados. Presenta la entidad dentro de un sistema, y cómo interactúa la entidad con otras entidades o conceptos.
- **La resolución de problemas** o aplicación de la visión científica. *Guía a los estudiantes* a aplicar el significado científico enseñado y extrapolarlo en un rango de contextos (de la visión científica), y cede responsabilidades para utilizar estos significados científicos.

Con esta categoría aparte de identificar estructuras o trayectorias narrativas, dentro del desarrollo de la explicación, son una herramienta para analizar a nivel macro, y clasificar y conformar las partes de cada segmento, siguiendo esta clasificación anterior.

4.2.2 Dimensión 1b. Las formas de intervención didáctica del profesor en el aula.

En esta dimensión 1b, se seleccionaron cuatro categorías para caracterizar las formas de intervención: la retórica de la enseñanza en el aula, destaca, ordena y refuerza significados, elabora entidades, y promueve habilidades propias de la profesión. Estas categorías se presentan ordenadas como se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Dimensión 1b. Categorías de análisis socio didáctico comunicativas. Las formas de intervención didácticas del profesor en la explicación.

Formas de intervención didáctica del profesor Cómo interviene el profesor para desarrollar la historia explicativa		
Retórica de la enseñanza en el aula Cómo integra a la audiencia, intelectualmente y emocionalmente, al estudiantado. Hace la audiencia receptiva y preparada al discurso que vendrá	¿Hacia dónde vamos?	<p>Vamos juntos. Estrategias como la pausa, el verbo (nosotros, fíjate...) que involucran al estudiante dentro de la explicación, el profesor se identifica con el estudiante, como unidad construyendo significados. Muy usada en la apertura.</p> <p>Utilidad e Importancia</p>
	Guía al estudiante en el contexto de que trata, o cómo va la clase.	<p>Recuerdo y Anticipación del contenido</p> <p>Presenta la estrategia que seguirá la explicación: ¿qué haremos a continuación</p> <p>Recuerdos de aspectos de clases anteriores</p> <p>A través de una pregunta crítica que justifica el desarrollo del nuevo contenido</p> <p>A través de títulos, subtítulos y esquematizaciones</p>
	¿Qué esperamos?	<p>Crea controversia/ Diferencias</p> <p>¿Qué sucede si ...? Se provoca una confrontación de puntos de vistas</p> <p>Querría saber si tengo razón. El profesor plantea si es o no correcto una propuesta</p> <p>Imagínate esto.</p> <p>¿Qué piensas ahora?</p> <p>¿Nada para explicar? Es hacer que alguna cosa que parece obvia se convierta en alguna cosa que necesita explicación</p>
	Considera más las ideas del estudiante. Se generan tensiones	
Destaca ordena y refuerza significados. Mantener el hilo de la historia. Cómo construye el orden o guion de la clase, en conjunto con la atención e interacción de la audiencia. Se generan tensiones.	¿Cómo organiza la clase?	<p>Seleccionando ideas</p> <p>Resalta ideas claves (repite las ideas o conceptos, destaca en la forma de pronunciar.</p> <p>Solapa ideas interrelaciona ideas/conceptos, (<i>genera tensiones</i>)</p>
	¿Cómo verifica la comprensión de la audiencia?	<p>Sondea significados específicos en los estudiantes. realiza preguntas críticas, lo explica de otra forma y vuelve a preguntar. (<i>genera tensiones</i>)</p> <p>Retorna sobre las ideas. repasa lo dado por: recapitulación, resumen, repetición.</p> <p>Comparte ideas, experiencias, recomendaciones y formas de pensar.</p>
Elabora Entidades. Cómo construye o refuerza las entidades, que intervienen en la historia explicativa	¿Qué entidades elabora y cómo las define?	<p>Lo nuevo a partir de lo viejo.</p> <p>Lo nuevo con lo que va a venir</p> <p>Se construye gradualmente. Definición, descripción, clasificación</p> <p>Describe las partes que consta una entidad.</p>
	¿Cómo crea la imagen?	<p>Materializa la entidad a través del dibujo, la representación, la narrativa</p>
Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión. Cómo interviene para integrar a la audiencia a su nueva comunidad intelectual (alfabetización profesional). Se generan tensiones.	En la expresión matemática	<p>Desarrolla valores propios de nomenclatura en la escritura, y en la expresión matemática vectorial</p> <p>Desarrolla capacidades matemáticas para la resolución de problemas. Se generan tensiones</p>
		<p>Desarrolla la visión espacial. describe características espaciales, o la interacción entre entidades, vistas de perfil, la rotación de una vista. <i>Se generan tensiones.</i></p>
	En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación	<p>Desarrolla valores propios de nomenclatura en la expresión gráfico, matemática y vectorial</p>
		<p>Desarrolla esquemas coherentes de análisis: Dibujo del sistema-variables-leyes-resolución.</p>

***Generar tensiones:** es crear conflicto cognitivo, planteando situaciones reales o imaginarias que requieran análisis y juicio del estudiante.

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1 La retórica de la enseñanza en el aula.

Esta categoría, analiza cómo el profesor en su explicación, integra intelectual y emocionalmente a la audiencia, el estudiantado. El profesor interviene para crear, mantener el interés, hacer a la audiencia receptiva y preparada emotiva, psicológica y cognitivamente al discurso que vendrá. Se divide en dos subcategorías: ¿hacia dónde vamos? y ¿que esperamos?

➤ ¿Hacia dónde vamos?

El profesor hace de guía al estudiante, para ubicarlo en el contexto temático de la explicación, de qué trata, o de qué va la clase, lo que viene a continuación. Lo evidencia en el hablar (vamos, nosotros, etc.) o en la pausa (espera que terminen de copiar para continuar), estar involucrado con el estudiante como un equipo trabajando en el aprendizaje. Hace énfasis en aquello que los estudiantes no saben, o no recordaban y que

¿Hacia dónde vamos?	Vamos juntos. Estrategias como la pausa, el verbo (nosotros, fíjate...) que involucran al estudiante dentro de la explicación, el profesor se identifica con el estudiante, como unidad construyendo significados. Muy usada en la apertura.	
	Utilidad e Importancia	
	Recuerdo y Anticipación del contenido	Presenta la estrategia que seguirá la explicación: ¿qué haremos a continuación
		Recuerdos de aspectos de clases anteriores

A través de una pregunta crítica que justifica el desarrollo del nuevo contenido
A través de títulos, subtítulos y esquematizaciones

necesitan saber. La anticipación sirve de guía al estudiante, ya que le permite crear una visión de conjunto de lo que se va a decir. Esta categoría se clasifica en tres subcategorías:

- **Vamos juntos.** Se observan estrategias del profesor que toman en cuenta al estudiante. Son estrategias como la pausa para esperarlos, el verbo (nosotros, fíjate...) que involucran al estudiante dentro de la explicación, el profesor se identifica con el estudiante, como unidad construyendo significados. Muy utilizada en la apertura.
- **Utilidad e importancia.** Se observa que el profesor para resaltar un concepto o tema, destaca su utilidad o importancia.
- **Anticipación de contenido** El profesor adelanta sobre los aspectos o las entidades que se elaborarán a continuación y/o en las sesiones sucesivas de clase, o enlaza

con conocimientos anteriores, para crear expectación y ganas de querer saber más de aquello. Se distinguen varias formas de anticipación. Se distinguen varias formas de crear anticipación: (a) *anticipa la estrategia a utilizar durante la explicación*: ¿qué haremos a continuación? al iniciar o introducir un tema se puede destacar la estrategia a utilizar en la presentación de ideas, (b) *a través del recuerdo*, el profesor recuerda aspectos anteriores, (c) *a través de una pregunta crítica*, para introducir lo que viene es una forma de anticipación. Ej. Usada en ~~primera persona del plural~~: “qué tal si hacemos...”; (d) ~~a través de la utilización de títulos, subtítulos y esquematizaciones~~, por lo general al inicio del tema

La utilización de la pregunta en la educación tiene una larga tradición, Zarate (2015, p301) cuando estudia la dimensión pedagógica de la pregunta, define las preguntas como dispositivos pedagógicos que propician el pensamiento, la reflexión y comunicación; a lo cual se agrega que tienen diferentes usos según la estrategia del profesor.

1. ¿Qué esperamos?

El profesor necesita el feedback del estudiante, que el estudiante esté atento construyendo junto con el profesor los significados que desarrolla; para ello debe verificar su comprensión y utiliza estrategias

que provoquen resaltar diferencias, o que generen controversias para provocar el razonamiento del estudiante. Diferencia entre lo que los estudiantes piensen que saben y el

Crea
controversia/
Diferencias

¿Qué sucede si ...? Se provoca una confrontación de puntos de vistas
Querría saber si tengo razón. El profesor plantea si es o no correcto una propuesta
Imagínate esto.
¿Qué piensas ahora?
¿Nada para explicar? Es hacer que alguna cosa que parece obvia se convierta en alguna cosa que necesita explicación

conocimiento científico, el profesor toma en cuenta *las ideas del estudiante*. Se generan *tensiones cognitivas*. Esta categoría se clasifica en dos subcategorías:

Provoca controversias y/o diferencias. Se provoca una confrontación de puntos de vista o creencias, (a) *¿qué sucede si...?*, se provoca una confrontación de puntos de vistas, (b) *querría saber si tengo razón*, aquí el profesor o algún alumno puede plantear a toda la clase una idea y pregunta para indagar si es o no correcta; (c) *imagínate esto*, donde el interés o tensión se crea presentando a los estudiantes cosas o hechos sorprendente, ver

alguna cosa extraña y no explicable fácilmente, o escuchar extrañas historias de la ciencia; **Destaca diferencias.** El profesor contrasta ideas que pone en contradicción esto que piensan que saben. para provocar la reflexión del estudiante, (d) **¿qué piensas ahora?** indica que a medida que se van dando fragmentos de explicación, los estudiantes han de pensar qué significa cada uno de estos fragmentos; (e) **¿nada para explicar?** es hacer que alguna cosa que parece obvia se convierta en alguna cosa que necesita explicación

Durante la explicación *el profesor censa o genera tensión* en el estudiantado. Esta tensión se puede describir como conflicto cognitivo, algo que provoca el razonamiento o llama la atención, que hace pensar.

4.2.2.2 Destaca, ordena y refuerza significados contruidos o que se están construyendo.

Esta categoría analiza cómo el profesor estructura la explicación, cómo construye el orden o guion de la historia explicativa de la clase a la vez que media la atención e interacción de los estudiantes para verificar la comprensión. *Se generan tensiones cognitivas.* Responde a dos subcategorías: ¿cómo organiza la clase? y ¿cómo verifica la comprensión de la audiencia? también discutidas en las características discursivas del género clase en Castellá, Comelles, Cros y Vilá (2007, p47) y Cros (2003). Consisten en analizar cómo el profesor estructura y da secuencia a los significados contruidos en la clase, y a la vez cómo guía a los estudiantes para que no pierdan el hilo conductor de las ideas estableciendo vínculos entre los conocimientos. Para ello puede utilizar recursos variados como: recapitulaciones, síntesis, y conectores metas discursivos que indican el paso de un punto de la explicación a otro.

Destaca ordena y refuerza significados. Cómo construye el orden o guion de la clase, en conjunto con la atención e interacción de la audiencia. Se generan tensiones.	¿Cómo organiza la clase?	seleccionando ideas,
		resalta ideas claves (repite las ideas o conceptos, destaca en la forma de pronunciar.
	¿Cómo verifica la comprensión de la audiencia?	solapa ideas interrelaciona ideas/conceptos, (<i>genera tensiones</i>)
		sondea significados específicos en los estudiantes. realiza preguntas críticas, lo explica de otra forma y vuelve a preguntar. (<i>genera tensiones</i>)
		Retorna sobre las ideas. repasa lo dado por: recapitulación, resumen, repetición.
		comparte ideas, experiencias, recomendaciones y formas de pensar.

- **¿Cómo organiza la clase?** El profesor interviene para mantener el orden conceptual, reforzar los significados, y verificar la comprensión con los estudiantes. regresa sobre conceptos contruidos en clases anteriores, (a) **seleccionando ideas**,

(b) **resalta ideas claves** (repite las ideas o conceptos, destaca en la forma de pronunciar o presentar la idea) El discurso del docente, no puede ser tan denso informativamente como un escrito, porque provocaría muchas dificultades para procesar la información (Castellá y otros, 2007), en este sentido, algunos recursos como las **repeticiones**, las paráfrasis, las definiciones, los ejemplos, las **recapitulaciones**, etc. permiten detener en algunos momentos la progresión de la información y repetir de modo distinto aquello que ya se ha explicado, de forma que se ofrezcan varias oportunidades a los estudiantes de entender lo que no hayan entendido la primera vez o para comprenderlo mejor; (c) **solapa ideas**, interrelaciona ideas/conceptos. Introduce un nuevo termino, diferencia entre ideas. *Se generan tensiones.*

- **¿Cómo verifica la comprensión de los estudiantes?** (a) **sondea significados** específicos en los estudiantes, el profesor interviene, *realizando preguntas* críticas, por lo general preguntas retóricas, para verificar o censar la comprensión con los estudiantes, si no obtiene respuesta positiva, lo explica de otra forma y lo vuelve a preguntar, se generan tensiones; (b) **retorna sobre las ideas, repasa lo dado**, el profesor interviene haciendo una recapitulación de lo visto en la clase pasada, o retoman los puntos que anteceden a lo que está tratando, o repite lo que acaba de decir, de lo que está tratando (recapitulación, resumen, repetición, etc.) hace la audiencia receptiva y preparada al discurso que vendrá; (c) **comparte ideas con los estudiantes**, comparte experiencias, consejos, visión, recomendaciones y formas de pensar.

4.2.2.3 **Elabora Entidades**

Esta categoría analiza cuáles son las entidades o conceptos desarrollados a lo largo de la historia explicativa y describe cómo el profesor los elabora, creando la imagen o los significados para el estudiante. En las explicaciones de física muchas veces los conceptos no son fácilmente asociados, ubicables o reconocidos dentro del contexto social cotidiano que rodea al estudiante; a menudo, una explicación científica necesita recurrir a protagonistas que no forman parte de los conocimientos normales y, construir estos conceptos protagonistas de la historia explicativa, requiere recurrir a estrategias para describirlos y hacerlos interactuar, formando las partes del todo de la historia explicativa. Se persigue entonces, identificar y describir como el profesor elabora a estos protagonistas de la historia explicativa, dándole sentido para el estudiante. Se

divide en dos subcategorías: ¿qué entidades elabora y cómo las define?, y ¿cómo crea la imagen de la entidad?

Elabora Entidades. Cómo construye o refuerza las entidades, que intervienen en la historia explicativa	¿Qué entidades elabora y cómo las define?	Lo nuevo a partir de lo viejo. Lo nuevo con lo que va a venir se construye gradualmente. Definición, descripción, clasificación
	¿Cómo crea la imagen?	Describe las partes que consta una entidad. Materializa la entidad a través del dibujo, la representación, narrativa

- **¿Qué entidades elabora y cómo las define?** se identifican las nuevas entidades conceptuales elaboradas en la explicación, y se toman características de acuerdo a cómo presenta la entidad, lo que hacen, su relación con otras entidades y la naturaleza de las partes, según: **(a) lo nuevo a partir de lo viejo, lo nuevo con lo que va a venir**, la elabora a partir de conceptos ya conocidos o elaborados o sobre la relación con otros por conceptos por construir, **(b) si se construye de forma gradual**, se explica siguiendo un orden gradual por medio de transformaciones sucesivas, o por etapas según: definición, descripción, clasificación, entre otros; **(c) describe las partes que consta una entidad** caracteriza e identifica las partes.
- **¿Cómo crea la imagen de la entidad? Haciéndola “visible” para el estudiante**, se refiere a cómo el profesor *materializa la entidad* si es a través de un objeto visible real, a través de la recreación del imaginario o ambas. Por lo general el profesor presenta la entidad a través de un dibujo, una representación con objeto, una mímica, una descripción narrativa muy detallada, que genere la recreación de la imagen de la entidad en el imaginario del auditorio haciéndolo visible.

4.2.2.4 Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión

Esta categoría, toma en cuenta cómo se desarrolla la explicación desde el contexto profesional para el cual se forma el estudiante, y analiza ¿cómo interviene el profesor desarrollando actividades, que preparen al estudiantado para integrarse en la forma de comunicarse dentro de su nueva comunidad intelectual (alfabetización profesional). Se divide en dos subcategorías: en la expresión matemática y en habilidades de expresión visual y gráficas que acompañan su comunicación.

<p>Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión.</p> <p>Cómo interviene para integrar a la audiencia a su nueva comunidad intelectual (<i>alfabetización profesional</i>). Se generan tensiones.</p>	En la expresión matemática	Desarrolla valores propios de nomenclatura en la escritura, y en la expresión matemática vectorial
		Desarrolla capacidades matemáticas para la resolución de problemas. Se generan tensiones
	En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación	Desarrolla la visión espacial. describe características espaciales, o la interacción entre entidades, vistas de perfil, la rotación de una vista. <i>Se generan tensiones.</i>
		Desarrolla valores propios de nomenclatura en la expresión gráfico, matemática y vectorial
		Desarrolla esquemas coherentes de análisis: Dibujo del sistema-variables-leyes-resolución.

- **En la expresión matemática, (a) desarrolla valores propios de nomenclatura en la escritura:** el uso de la nomenclatura vectorial, al escribir el título, una descripción, una ecuación, la simbología, **(b) desarrolla capacidades matemáticas para la resolución de problemas.** Se Generan tensiones,
- **En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación. (a) desarrolla la visión espacial,** el profesor interviene realizando dinámicas donde se le den características espaciales a la entidad. O a la interacción entre entidades. O para la rotación de una vista, a través de un dibujo, o una representación. utiliza estrategias (descripción verbal, gestual, acción con objetos) para recrear la entidad o situación; **(b) desarrolla valores propios de nomenclatura en el gráfico, matemática y vectorial,** el dibujo/trazado de un vector acompañado de su nomenclatura. El representar las variables a desarrollar matemáticamente sobre el dibujo del sistema; **(c) desarrolla esquemas coherentes de análisis,** Dibujo del sistema-variables-leyes-resolución. El valor del dibujo del sistema a discutir, acompañado de la ecuación en la que se fundamentan, y las variables definidas sobre el dibujo.

4.3 Dimensión 2. La visión retórica argumentativa de la explicación

El análisis de la historia explicativa, desde la visión retórico argumentativa se fundamentó en la teoría de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000), texto enfocado al ámbito filosófico y jurídico, adoptado como guía para caracterizar la construcción de la explicación desde las premisas, tesis, argumentos y adaptando aspectos discursivos para analizar la explicación como una historia, tomando en cuenta la interacción de los argumentos. Las categorías de la dimensión retórico-argumentativa se presentan en la tabla 4.4, formada por tres categorías: a) las tesis que se elaboran formada por las premisas, tipos y como presentan, b) los argumentos que las justifican y c) la interacción de los argumentos, formando estructuras argumentativas o macro argumentos en la historia explicativa del profesor. A continuación, se recuerdan algunos conceptos utilizados para caracterizar el discurso y comprender el vocabulario aquí utilizado:

- **La Tesis**, representa la idea principal del discurso, lo que lo dirige, y para ello se identifican las fuentes que lo fundamentan, y los argumentos del emisor para hacer válida la tesis (objetivo principal del discurso) y las mismas tesis o conclusiones; siendo importante la forma en que se suceden los argumentos, su orden, su expresión, su difusión y su incidencia en la audiencia.
- **Las premisas**, son proposiciones que el orador considera indiscutibles por parte del auditorio, que son los acuerdos aceptados por el auditorio y que serán los puntos de partida de la argumentación. Perelman destaca especialmente **la presencia** que hay que dar a las premisas para incrementar su valor retórico o sean convincentes.
- **Las técnicas argumentativas**, que se identifican con un análisis a nivel micro interpretando las palabras del orador, analizando las estructuras de los argumentos de forma aislada. Perelman distingue dos categorías fundamentales: de enlace o asociación (los argumentos cuasilógicos, los argumentos basados en la estructura de lo real y los enlaces que fundamentan la estructura de lo real) y los de disociación que separan elementos, y cambia así sistemas y nociones.
- **La interacción de los argumentos**; que corresponde a una visión del discurso a nivel más macro, puede distinguirse por el orden presentado.
- Entre otros **aspectos retórico argumentativos** que contribuyen a la consistencia del discurso y a mejorar el convencimiento, se distingue entre la *forma de presentación de*

las premisas y cómo se crea *su presencia*; el *orden en la disposición del discurso* (tesis y premisas), la *preparación de la audiencia* para recibir el discurso, así como la *creación de comunión* con la audiencia.

Otro concepto que debe retomarse del marco teórico es el de ***la presencia***. Aunque inicialmente de naturaleza psicológica, *la presencia* se convierte en un elemento en el argumento, pues su principal efecto, es la construcción y reconstrucción de la realidad, que esperan compartir con su público, y afecta inevitablemente a la adhesión. A la **presencia**, se le atribuye el papel de permitir que ciertos elementos en la argumentación, sobre los cuales el orador desea llamar la atención, puedan ocupar el primer plano de la conciencia. No basta con que una cosa exista para sentir su presencia. Una de las preocupaciones del orador será darle presencia, mediante la magia del verbo o por otros modos comunicativos. Este tipo de presencia se relaciona con la construcción de significados y la multimodalidad en el aula (siendo los agentes más fuertes la imaginación y las emociones). Otra derivación del concepto de *presencia* definido inicialmente por Perelman es el concepto de ***presencia de segundo orden***, y se refiere al efecto acumulativo de la presencia simple que producen un efecto mayor (sinergia). La *presencia* de Perelman y Olbrechts-Tyteca puede extenderse desde un efecto de primer orden a otro de segundo orden, que es de carácter global; la presencia puede abarcar todo el discurso, a la que se le llamó ***presencia de orden superior*** (Gross y Dearin, 2003/2010, p137).

En la tabla 4.4 se muestran las categorías de la dimensión argumentativa, y se clasifican en tres: a) Las tesis, b) los argumentos y c) la interacción. Se tocan algunos aspectos retóricos como la comunión y la presencia. A continuación, se describen las categorías argumentativas.

Tabla 4.4. Dimensión 2. Categorías desde el marco teórico de la teoría de la argumentación- la nueva retórica de Perelman y Olbrechts-Tyteca

Aspectos Argumentativos en el desarrollo de la historia explicativa ¿Cómo describir la historia explicativa desde la visión retórica argumentativa			
1. Las tesis y premisas en el discurso. ¿Cómo se desarrollan las Premisas en la construcción de la tesis?	Las premisas y las tesis	Identificación de las tesis. Orden de las tesis en la historia	
	[Premisas: Proposiciones que el orador considera compartidas por el auditorio.] [Presencia: Es hacer que ciertos elementos en la argumentación, puedan ocupar el primer plano de la conciencia.]	Tipos de premisas y tesis	De lo real Hechos – Verdades- Presunciones De lo preferible Valores - Jerarquías de valores Lugares comunes Asumidas según los alumnos Implícitas - Recientes – Anunciadas - Por construir
		Formas de presentar las premisas y tesis ¿Qué recursos usa el profesor para revestir de “ <i>presencia</i> ” la explicación?	Verbal: afirmaciones, descripciones, escritura, onomatopeya, énfasis, repetición, etc. Expresión matemática: Verbal o pizarra Visual (multimodal): gestualidad, dibujo, representación con objetos reales o imaginarios, repetición modal, etc.
2 Los Argumentos que justifican las tesis en la explicación. ¿Qué tipos de argumentos se encuentran en la explicación?	Argumentos de asociación Cuasi lógicos Adoptan leyes utilizadas en matemáticas o filosofía, marcados por la racionalidad) (TA-303-395)	Lógico. Relaciones comparativas o relaciones entre parte y totalidad Matemático entre las premisas y conclusiones	Contradicción e incompatibilidad Definición - identidad (definición y análisis) Análisis/tautología Regla de la justicia Reciprocidad/simetría/por los contrarios Transitividad Las partes y el todo/ inclusión, adición/ división/dilema Comparación/ por el sacrificio Complementariedad/compensación Probabilidad Deducción matemática**
	Argumentos de asociación Basados en la estructura de lo real (TA-403-516)	Enlaces de Sucesión (secuencial) Enlaces de coexistencia. dado un fenómeno, se presentan fenómenos conectados con él.	Argumento causal o causa-efecto Pragmático (hechos/ consecuencias) Medio-fin (despilfarro/redundancia/la superación) Por etapas/la superación/ aprovechamiento Interacción: persona y sus actos / Acto y esencia Argumento de autoridad Propia (experiencia) Citación de autoridad Autoridad polifónica /la apelación al grupo. Relación simbólica Doble Jerarquía- Diferencias de grado y orden
	Argumentos de asociación. Enlaces que fundamentan la estructura de lo real. (TA-537-619)	Caso Particular Analogía	La ilustración El ejemplo La demostración como representación con objetos (reales o imaginarios) Modelo-anti modelo Analogía y metáfora
	Argumentos de disociación (TA 627-698)	Separación de entidades o concepciones, o de estructuras argumentativas.	
		Macro argumentos. Se caracterizan por el tipo dominante.	Serie: Cada uno va en etapas formando una cadena la tesis del primero es premisa del segundo, etc., hasta confluir a la tesis final Paralelo: cada argumento aporta de forma separada en la justificación de la tesis Combinación de argumentos en una estructura mayor.
		Argumentos simples	
		La presencia La comunión orador con la audiencia.	
3 La interacción de los Argumentos ¿Cómo interactúan o se estructuran, los argumentos para formar los segmentos de la historia explicativa?			
4 Otros aspectos retóricos/argumentativos			

Fuente: basado en el “Tratado de la argumentación” (TA) de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000).

4.3.1 Categoría: Las tesis y premisas en el discurso

Esta categoría dirige el análisis descriptivo de la historia, en función de las tesis, cómo se desarrollan las premisas, y formas de presentarlas en la argumentación.

4.3.1.1 Identificación de las tesis.

Esta categoría tiene el objetivo de caracterizar la historia en función de las tesis ordenadas a medida que se presentan en el tiempo.

4.3.1.2 Tipos de premisas

En la comunicación argumentativa de la Nueva Retórica, una premisa, para ser tal, debe poder ser aceptada por el auditorio. Las premisas pueden caracterizarse **respecto al objeto** sobre el que se argumenta, las premisas pueden a) ser **desde lo real** (hechos, verdades, o presunciones), o b) **desde lo preferible** (valores, jerarquía de valores, lugares comunes). También pueden clasificarse **por su selección:**

desde el conocimiento supuesto del auditorio, el conocimiento reciente, o por el conocimiento a construir. Por ser conceptualmente más complejo, por su vocabulario propio de la argumentación, a continuación, se presenta una descripción de los tipos de premisas.

Identificación de las tesis. Orden de las tesis en la historia	
Tipos de premisas	De lo real
	De lo preferible
	Asumidas según los alumnos
Formas de presentar las tesis	
¿Qué recursos usa el profesor para revestir de “presencia” la explicación?	
Verbal: afirmaciones, descripciones, escritura, onomatopeya, énfasis, repetición, etc. Expresión matemática: Verbal o pizarra Visual (multimodal): gestualidad, dibujo, representación con objetos reales o imaginarios, repetición modal, etc.	

➤ De lo real

- Hechos: Se habla de hechos cuando se alude a objetos de acuerdo precisos, limitados. El término “hecho”, referido al objeto sobre el que se argumenta, designa aquel dato sobre el que existe un acuerdo universal, no controvertido, aquello que todo el mundo acepta.
- Verdades: Por verdades se entiende un sistema más complejo de hechos, sistemas de creencias que fundamentan el sentir de una sociedad, relativos a los enlaces entre

hechos, ya se trate de teorías científicas o religiosas que trasciendan la experiencia. Son estables, pero pueden modificarse con el tiempo.

- Presunciones: Se asocia con lo que se produce normalmente. Son opiniones que no pueden ser probadas. Por ejemplo: la presunción de que todo lo que se puede demostrar experimentalmente es cierto, la de credulidad natural de aceptar como verdadero lo que se nos dice y que no hay razón para desconfiar, la presunción de que todo lo que se puede demostrar matemáticamente es cierto.

➤ **De lo preferible**

- Los valores están implícitos en toda argumentación y forman el criterio al cual puede recurrir la argumentación. Intervienen en la casi totalidad de las argumentaciones, exceptuando los razonamientos científicos.
- Las jerarquías, al igual que los valores, forman parte de los acuerdos que sirven de premisas en los discursos; pero también se puede argumentar sobre ellas, basándose en la correlación entre los términos de la jerarquía discutida y los de una jerarquía admitida. Desde el punto de vista de la estructura que posee una argumentación, *las jerarquías de valores son más importantes que los valores mismos*, ya que la mayoría de estos valores son comunes a un gran número de auditorios. Menos caracterizan a cada auditorio los valores que admite, que la manera como los jerarquiza.
- Lugares comunes de lo preferible: Son proposiciones que sirven para justificar valores o jerarquías, los más frecuentes son los de la cantidad y la cualidad. Ej. Lugares de la cantidad: “lo que aprovecha el mayor número es preferible a lo que aprovecha un pequeño número”.

- **Asumidas por los alumnos:** Pueden ser implícitas, explícitas o de conocimiento reciente, o premisas por construir.

4.3.1.3 La forma de presentar el discurso

En esta categoría se analiza la forma de presentar el discurso y darles *presencia*, concepto que ya fue definido al inicio del apartado 4.3, puede ser de forma verbal (afirmaciones, descripciones, escritura), con expresión matemática, o a través de la multimodalidad o forma no verbal, a través del dibujo, la representación, la gestualidad, entre otros.

4.3.2 Categoría: Los argumentos

Esta segunda categoría comprende los esquemas argumentativos donde se presentan las técnicas argumentativas usadas para la construcción de una idea, tesis o conclusión. En el libro “El tratado de la argumentación (TA), la nueva retórica” de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000), se presentan los elementos fundamentales para estudiar las técnicas discursivas que permiten provocar o aumentar la adhesión de las mentes del público, a una tesis (nuevas ideas, puntos de vista, leyes o teorías, valores, etc.) que se presentan a un auditorio para su aceptación. Con ella se construye las subcategorías presentadas en la categoría de argumentos de la tabla 4.4, indicando con las iniciales TA la página de referencia en el libro de Perelman. Las técnicas argumentativas son utilizadas con la finalidad de influir sobre los juicios, las opiniones y preferencias de la audiencia; la efectividad dependerá de la capacidad del profesor de adaptarse a la audiencia

Al analizar la secuencia explicativa, se observa que el profesor a medida que elabora su explicación, él selecciona la utilización de ciertos esquemas argumentativos en los cuales ocurre una toma decisiones a tiempo real por parte del profesor, que variaran según diversos criterios como: su estilo o visión de la enseñanza, el conocimiento de la audiencia, los propósitos de enseñanza de ese segmento en particular. Los argumentos se clasificaron en cuatro subcategorías, las tres primeras de asociación: cuasilógicos, basados en la estructura de lo real y los que fundamentan la estructura de lo real; y la cuarta es por disociación.

Se concibe la explicación, como un todo argumentativo, donde la argumentación se encuentra en el discurso completo que tiene el objetivo de convencer, y se fundamenta en la existencia del auditorio (el estudiantado) al que se dirige.

Los argumentos por asociación: son procedimientos que se pueden presentar bajo esquemas que establecen enlaces o formas de unión entre elementos distintos y permite transferir a la conclusión la adhesión acordada a las premisas. Argumento que se produce uniendo ideas o proposiciones.

Los argumentos por disociación: son procedimientos que trata de separar o disociar, elementos o ideas que, a nivel del lenguaje, aparecen como unidas o mezcladas (como componentes de un todo). Argumento que busca resolver una dificultad que le presenta el pensamiento común. Sirve para resolver incompatibilidades. *A partir de acá, para referenciar los argumentos u otros aspectos, dentro del libro de Perelman, se utilizará las siglas TA acompañado del número de página del libro.* A continuación, las subcategorías para analizar la historia según los esquemas argumentativos.

Estas subcategorías argumentativas no pertenecen a entidades aisladas (TA 302), y al seleccionar esta categoría en el análisis, se hace uso de la interpretación de uno u otro esquema. Al analizar las explicaciones para identificar los tipos de argumentos utilizados por el profesor, muchas veces se encuentra que algunos argumentos pueden pertenecer a un tipo u otro tipo de argumento en diferentes categorías.

4.3.2.1 Argumentos Cuasi lógicos

Se caracterizan por **conectar ideas** de una manera aparentemente lógica y, por lo tanto, se comprenden aproximándolos al pensamiento formal de naturaleza lógica o matemática. Los argumentos cuasi lógicos, no hacen llamamiento a la experiencia, recurren a relaciones similares a los lógicos y matemáticos. Establecen relaciones: de contradicción, transitividad, de la parte y el todo, igualdad y diferencia (comparación) de frecuencia. Son aquellos que adoptan leyes utilizadas en matemáticas o filosofía, marcados por la racionalidad (TA 303-395). En las clases de ciencias es común ver las explicaciones con mucho peso matemático de desarrollo de ecuaciones y formalización matemática; sin embargo, la actuación del profesor durante la explicación seleccionando recursos y la forma del discurso para convencer y persuadir al estudiante de que lo escrito es cierto, lo convierte en un acto argumentativo. Los argumentos cuasi lógicos pretenden cierta validez por su aspecto racional, la cual deriva por su relación más o menos estrecha con determinadas formulas lógicas o matemáticas (TA, 402). Se presentan en la tabla 4.5.

- **Lógico.** Realizan relaciones comparativas o relaciones entre parte y totalidad, están los enlaces por contradicción e incompatibilidad, por identidad y definición, por análisis, regla de justicia, reciprocidad y transitividad. Descritos en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Argumentos cuasi lógicos

<p>Relaciones cuasi lógicas</p> <p>Conectan ideas de una manera aparentemente lógica, se aproxima al pensamiento formal de naturaleza lógica o matemática. (TA 303-395)</p>	<p>Lógico</p> <p>comparativas o entre parte y totalidad.</p>	<p>Contradicción e incompatibilidad – TA 324, al igual que en geometría, el razonamiento comienza por suponer como verdadera una proposición [A] para luego mostrar que las consecuencias son contradictorias con aquello que se ha consentido y pasar de ahí a la verdad de [no A]. (argumento por el ridículo, una afirmación es ridícula en cuanto entra en conflicto, sin justificación, con una opinión admitida)</p> <p>Identidad y definición. (TA 328-334) no sólo permiten introducir elementos, sino que al hacerlo se puede introducir un lenguaje y una simbología nueva. Pueden introducir definiciones múltiples, donde los términos puestos en relación se encuentran en interacción constante. No se puede eliminar estas interacciones, las cuales son esenciales para alcanzar los razonamientos. El uso de la definición para adelantar un razonamiento, nos parece el tipo clásico de la argumentación cuasi lógica</p> <p>Análisis Desde el punto de vista argumentativo, es preciso subrayar que todo análisis es direccional, cuya elección determina la búsqueda de la adhesión del interlocutor. Utiliza la definición, la enumeración por partes (analiticidad, tautología) (TA 335).</p> <p>Regla de justicia. Exige la aplicación de un mismo tratamiento a seres o situaciones que se integran en una misma categoría (TA 341)..</p> <p>Reciprocidad pretende aplicar el mismo tratamiento a dos situaciones que forman pareja, (si $a \rightarrow b$, entonces $b \rightarrow a$), simetría, basados en los nexos entre el antecedente y consecuente de una misma relación; es formal y está fundamentado en la naturaleza de las cosas TA 344</p> <p>Transitividad. Si $a \rightarrow b$ y $b \rightarrow c$ entonces se justifica $a \rightarrow c$. El uso de relaciones transitivas espreciado en casos en que se trata de ordenar seres, acontecimientos, cuya confrontación directa no puede tener lugar. Las relaciones de igualdad, superioridad, inclusión, ascendencia, son relaciones transitivas (TA, 353).</p>
	<p>Matemático</p> <p>entre las premisas y las conclusiones</p>	<p>Inclusión da lugar a dos grupos de argumentos que interesa distinguir: los que se limitan a la inclusión de las partes en un todo, y los que se valen de la división del todo en partes y las relaciones entre las partes resultantes (TA 359).</p> <p>De división: las partes con el todo o el todo con las partes (división e inclusión, de adición). En el argumento de división, las partes deben poder enumerarse de forma exhaustiva, de tal forma que puede elegirse como se quiera y de manera muy variada, con la condición de que, por su adición sean susceptibles de reconstruir un conjunto dado. Informa sobre el orden del discurso ya que la división tiene la ventaja de crear, a partir del momento que se propone, un esquema de referencia (TA363-364-370), complementariedad (entre dos partes). Argumento que puede servir tanto de medio de prueba como, también, para crear presencia por la enumeración de las partes</p> <p>La comparación (igualdad y diferencia, cuantitativa, cualitativa) en el argumento de comparación la idea de medida está subyacente en estos enunciados incluso si falta el criterio para realizar efectivamente la medida, por ello constituye un argumento cuasi lógico. por el efecto persuasivo de tales comparaciones (sacrificio) (TA, 375, 383). Poseen un aspecto secuencial, por lo que se vinculan a los argumentos basados en la estructura de lo real.</p> <p>Frecuencia (probabilidad), requiere una serie de acuerdos previos, acarrea la reducción de los datos agrupados en serie o conjunto de elementos más fácilmente comparables, que permite de alguna forma homogeneizar los elementos comparados. En este tipo de argumentos podría aproximarse a las relaciones entre el todo y las partes, pero las partes son aquí las frecuencias de una variable, lo útil, (TA, 395, 400).</p> <p>Deducción matemática**: basado en el desarrollo matemático. Requiere de conjunto de relaciones, procedimientos, enlaces y conexiones entre entidades para convencer de su explicación.</p>

Fuente: TA tratado de la argumentación, Perelman y Olbrechts -Tyteca (1958/2000)

- **Matemático:** Relaciona entre las premisas y las conclusiones, entre ellos están los argumentos cuasi lógicos matemáticos: por inclusión, de la división del todo con las partes y viceversa (la complementariedad), de comparación, frecuencia o probabilidad, y se añade el basado en la resolución detallada de ecuaciones (por deducción matemática)

En esta investigación se utiliza el **argumento por deducción matemática**, (apartado 2.3.6.1), como un argumento cuasi lógico matemático; ya que el profesor en su actuación persigue convencer de la veracidad, y no sólo busca la respuesta final, sino también de que los estudiantes conozcan los elementos, los patrones utilizados, las convenciones, el orden seguido y realicen las conexiones o enlaces entre las entidades que intervienen. Por lo que se ubica en los argumentos de asociación, cuasi lógica ya que **conectar ideas** de una manera aparentemente lógica y se comprenden con el pensamiento formal de naturaleza matemática.

Si la respuesta no presenta las justificaciones, se tomará como **argumento de autoridad por el saber del profesor**.

4.3.2.2 Argumentos basados en la estructura de lo real

Estos argumentos son aquellos que replican las relaciones (lazos) que existen entre elementos de lo real. Se sirven de la estructura de lo real (que pueden ser hechos, verdades o presunciones), para establecer una solidaridad entre juicios admitidos y otros que se intentan promover. En la tabla 4.6, se presenta la descripción de los argumentos basados en la estructura de la realidad, que se clasifican en: a) **enlaces de sucesión**, que unen un fenómeno con sus consecuencias o causas, y b) **enlaces de coexistencia**, que asocian a una persona con sus actos, un grupo con los individuos, y en general una esencia con sus manifestaciones.

- **Enlaces de Sucesión** (secuencial): agrupa a los argumentos: causal por sucesión, pragmáticos, causal hecho-consecuencia o medio-fin, despilfarro, por etapas (superación dirección).
- **Enlaces de coexistencia.** dado un fenómeno, se presentan fenómenos conectados con él, se caracteriza en que une dos realidades de nivel desigual, siendo una más fundamental o explicativa que la otra. Se pueden clasificar en: la relación de la persona y sus actos, el argumento de autoridad, enlace simbólico, la apelación al grupo. Dentro de los argumentos

observados. Se realiza un breve ejemplo para el argumento de doble jerarquía, para facilitar su comprensión ya que se hace referencia en el capítulo ocho.

Tabla 4.6. Argumentos basados en la estructura de lo real

<p>Argumentos basados en la estructura de lo real</p> <p>Establecen una solidaridad entre juicios admitidos o que se intentan promover (TA 402-535)</p>	<p>Enlaces de sucesión</p> <p>Une dos actos sucesivos del mismo nivel. Prima el orden temporal.</p>	<p>Causal- TA 405, dado un acontecimiento, procura: a) aproximarlos, de modo recíproco, a otro acontecimiento sucesivo, b) descubrir la existencia de una causa que lo determinara, c) evidenciar el efecto que provoca. Exige un acuerdo</p> <p>Pragmático. (TA 409) permite apreciar un acto o acontecimiento sobre la base de sus consecuencias, favorables o desfavorables. Sólo puede desarrollarse a partir del acuerdo sobre el valor de las consecuencias</p> <p>Medio-fin, hecho consecuencia. considera una conducta como un medio para lograr un fin. Si se desea minimizar un efecto, basta con presentarlo como una consecuencia, si se desea aumentar su importancia, hay que presentarlo como un fin (TA 417). El fin y los medios. Existe una interacción entre objetivos perseguidos y medios empleados para realizarlos. (TA 422).</p> <p>Despilfarro. Anima a continuar la acción empezada hasta el triunfo final. Consiste en decir que, puesto que una obra ya se inició, es preciso proseguir en la misma dirección. Se podrían acercar a este argumento todos los que se valen de una ocasión que no hay que dejar escapar, de un medio que existe y del cual es preciso servirse. (TA 430)</p> <p>Por etapas. Si el paso de A a C plantea dificultades, se puede pasar de A a B, desde donde C aparecerá desde otra perspectiva (procedimiento por etapas). La estructura de lo real condiciona la elección de las etapas, pero no las impone. Argumento de dirección. ¿adónde se quiere llegar? Implica, por una parte, la existencia de una serie de etapas hacia un objetivo determinado, y por otra la dificultad, si no la imposibilidad de pararse, una vez que está en la vía que lleva a él (TA 435, 439). Provoca la visión de que una acción nos introduzca en un engranaje cuyo desenlace no se pueda evitar. Argumento de superación. al contrario del de dirección, insisten en la posibilidad de ir siempre más lejos en un sentido determinado, con un crecimiento continuo de valor (TA 443). Lo válido no es alcanzar una etapa, sino continuar, trascender.</p>
	<p>Enlaces de coexistencia</p> <p>Une dos realidades de nivel desigual, una más fundamental, explicativa que la otra.</p>	<p>La persona y sus actos da (TA 453). orador/discurso, grupo/miembro, acto/esencia. Basada en la construcción de la persona y sustentada en sus actos.</p> <p>De autoridad Es un argumento de prestigio, el cual utiliza actos o juicios de una persona o grupo de personas como medio de prueba en favor de una tesis (TA 470). Cros (2003) diferencia tres tipos: citación de autoridad, se vale en el prestigio de la persona que nombra, un científico, un libro texto. argumento por autoridad polifónica, el razonamiento se construye a partir de una premisa construida a partir de un tópico que afirma la experiencia, o el conocimiento de la voz citada, un enunciador indeterminado: la voz de la ciencia, los expertos, del departamento al que pertenece, etc., por ejemplo, un artículo científico publicado. La referencia a la propia autoridad, se basa en el prestigio y la experiencia del orador.</p> <p>Relación simbólica Acarrea transferencias entre el símbolo y lo simbolizado; son ejemplos: la bandera, la cruz, la persona real son símbolos del cristianismo, de la patria, del estado que pueden suscitar en el auditorio, amor u odio, veneración o desprecio, según sea el fervor patriótico o religioso despertado (TA 509)</p> <p>Doble jerarquía Expresa una idea de proporcionalidad, directa o inversa o, al menos, un nexo de término a término entre dos series del tipo ‘a más → más’ o ‘a más→ menos’ respectivamente. (TA 517) Para verificar el argumento de doble jerarquía, se procura identificar las dos series (grupos de elementos) y ver entre ellas un enlace más estrecho aún, al formar ambas una misma realidad. Las jerarquías que le sirven de fundamento pueden tener una diferencia de grado o de orden, pueden ser cuantitativa o cualitativa, por ejemplo, la correlación que existe entre los colores y la longitud de onda.</p> <p>Diferencias de grado y orden. (TA 531) Existe una oposición entre las series cuantitativas y las jerarquías entre términos que dependen de dos órdenes diferentes. Toda elaboración conceptual original, modifica de alguna forma las jerarquías admitidas, convirtiendo una distinción de orden en una diferencia de grado, o viceversa. Estas maneras de estructurar/reestructurar lo real producen efectos innegables en las evaluaciones y el modo de fundamentarlos (TA 535).</p>

Fuente: TA tratado de la argumentación, Perelman y Olbrechts -Tyteca (1958/2000)

Ejemplo de argumento de doble jerarquía. Expresa una idea de proporcionalidad, directa o inversa o, al menos, un nexo de término a término **entre dos series** del tipo ‘a más → más’ o ‘a más → menos’ respectivamente. (TA 517) Para verificar el argumento de doble jerarquía, se procura identificar las dos series (grupos de elementos) y ver entre ellas un enlace más estrecho aún, al formar ambas una misma realidad. Las jerarquías que le sirven de fundamento pueden tener una diferencia de grado o de orden, pueden ser cuantitativa o cualitativa, por ejemplo, en la definición cualitativa del flujo se presenta una relación de proporcionalidad al número de líneas de campo, y en la definición matemática intervienen de forma proporcional los valores de la intensidad del campo eléctrico, el área y el coseno del ángulo entre estos dos vectores (ver figura 4.2)





Ejemplos:	Jerarquía aceptada	Relación de coexistencia	Jerarquía en discusión
Tesis 1: <i>Flujo cualitativo.</i> “A mayor densidad de líneas de campo mayor será el flujo”	El número de líneas de campo que atraviesan una superficie 	Proporcionalidad directa  Relación de coexistencia	Valor del flujo de un campo que atraviesa una superficie 
Tesis 2: <i>relación del producto escalar con el Flujo.</i> “por supuesto a mayor intensidad, mayor será el flujo, a mayor área de la superficie mayor será el flujo...”	Serie 1: coseno del ángulo entre vector campo y vector área <hr/> Serie 2: intensidad del campo eléctrico <hr/> Serie 3: tamaño de la superficie	Proporcionalidad directa  Relación de coexistencia	Valor del flujo de un campo que atraviesa una superficie

Figura 4.2. Ejemplo de argumento de doble jerarquía. Tema: Flujo eléctrico.

Fuente: elaboración propia

4.3.2.3 Enlaces que fundamentan la estructura de lo real.

Son argumentos que a partir de un caso particular conocido, establecen un precedente o una regla general que permite explicar lo que ocurre en la “realidad”. En la tabla 4.7 se presentan los argumentos de esta categoría con su descripción.

- **Los argumentos por el ejemplo.** (TA 537,543) En este caso, la labor del orador o del profesor se centra en aportar razones al grupo clase que justifiquen o lleven a la formulación de una tesis nueva. Los ejemplos influyen entre sí, la mención de un ejemplo nuevo modifica la significación de los ya conocidos y permite precisar el punto de vista desde el que debían considerarse los hechos anteriores. Cuando se mencionan en bloque numerosos casos de una fórmula única, con vistas a la generalización, se les trata como un ejemplo único. En el capítulo seis se presenta un ejemplo para analizar el comportamiento de líneas de campo en un sistema de dos cargas puntuales. Se considera tal argumento como un ‘ejemplo’, dado que la profesora ‘sólo’ a partir del mismo, establece una generalización respecto a cómo expresar el comportamiento gráfico de las propiedades de la carga (punto de evaluación) y ‘variables relacionadas con signo y cantidad de la carga, basado en la representación de las líneas de campo eléctrico.

Tabla 4.7. Argumentos que fundamentan la estructura de lo real.

Argumentos de asociación. Enlaces que fundamentan la estructura de lo real. (TA 537-625)	Caso particular	Ilustración. Son representaciones elaboradas cuya finalidad básicamente consiste en ‘ilustrar’ o mostrar a modo de prueba, situaciones, fenómenos, relaciones, objetos, etc., normalmente reales, como ‘representativos’ de aquellos científicos que se discuten o presentan. La ilustración puede ser más dudosa que el ejemplo, pero ha de captar la atención del oyente.
		Demostración con objetos ** En la demostración, los objetos, materiales o imaginarios, que intervienen contribuyen a dar presencia a las ideas o conceptos de la explicación, y toda la acción del profesor durante la explicación y la experiencia que lleva a cabo, se logra que las palabras adquieran significados; representando otra forma usada para la justificación del conocimiento.
		Ejemplo. a partir de un caso particular puede establecer una generalización. El ejemplo debe ser incuestionable
	Relaciones de analogía	Modelo La analogía En este tipo de argumentos, la estructura de un hecho se fundamenta en la de otro completamente diferente la metáfora. las metáforas sólo dejan ver un aspecto del dominio de llegada que no engloba su totalidad. La metáfora nos sirve para mostrar el aspecto que se desea evidenciar y oculta otros aspectos.

Fuente: TA tratado de la argumentación, Perelman y Olbrechts -Tyteca (1958/2000)

- **Argumento por la ilustración.** (TA 546) En este caso el profesor parte de la tesis, para elaborar los razonamientos. Mientras que el ejemplo se encarga de fundamentar la regla, la ilustración tiene como función el reforzar la adhesión a una regla conocida y admitida, proporcionando casos particulares que esclarecen el enunciado general,

muestran el interés de éste por la variedad de las aplicaciones posibles, aumentan su presencia en la conciencia. Se consideran ilustraciones a aquellas representaciones elaboradas cuya finalidad básicamente consiste en ‘ilustrar’ o mostrar a modo de prueba, situaciones, fenómenos, relaciones, objetos, etc., normalmente reales, como ‘representativos’ de aquellos científicos que se discuten o presentan. En el capítulo seis en el desarrollo de la historia se ilustrará el concepto de la carga eléctrica desde el hacer cotidiano. *En muchas ocasiones, la ilustración tendrá por objeto facilitar la comprensión de la regla, con ayuda de un caso de aplicación indiscutible.* La ilustración corre mucho menos riesgo que el ejemplo de ser mal interpretada, puesto que esta guiada por la regla, conocida y a veces muy familiar; no se introducen ciertos ejemplos para demostrar, sino para aclarar por ilustración. **En una enumeración**, no todos los casos particulares que pretenden sostener una regla desempeñan el mismo papel, pues, *si los primeros deben ser indiscutibles*, para intervenir con toda su fuerza en la controversia, los siguientes disfrutan ya del crédito concedido a los precedentes y *los últimos pueden servir sólo de ilustraciones* (TA 549). La ilustración pretende aumentar la presencia, conectando con ayuda de un caso particular una regla abstracta, a menudo se tiende a ver en ella una imagen vívida. Ahora bien, la ilustración no tiende a reemplazar lo abstracto por lo concreto, ni a transponer las estructuras en otro campo como lo haría la analogía.

- **Argumentación por el *modelo* y el *anti modelo*.** (TA 556) El argumento del modelo indica el conjunto de conductas o atributos de un ser cualquiera sobre los que se puede fundamentar una regla general de conducta (Cros, 2003, p96). No sólo sirven para fundamentar o ilustrar una regla general, sino para incitar a una acción. Pueden servir de modelos las personas o los grupos cuyo prestigio confiera valor a sus actos. No se imita a cualquiera. El argumento por el modelo o el antimodelo puede aplicarse espontáneamente al discurso mismo: el orador que afirma creer en ciertas cosas no las fundamenta sólo con la autoridad. Su comportamiento al respecto, si tiene prestigio, también puede servir de modelo, animar a comportarse como lo hace, y a la inversa, si es el anti modelo se alejará de él. Por lo general en las clases el profesor suele invocar modelos prototípicos (el buen ingeniero, el buen estudiante, el buen compañero) para motivar o influir en las actitudes de los estudiantes, al igual que el comportamiento del profesor en sí, sirve de modelo a seguir (el buen docente, el buen profesional).
- **Argumento por *demonstración*** muy similar al *argumento por la ilustración*, pero utilizando representación con objetos; ubicados en las categorías de argumentos de asociación que fundamentan la estructura de lo real, por la retórica involucrada y la

búsqueda de la atención con la representación con objetos, reales o imaginarios. Los fenómenos de la física pueden ser presentados a través de demostraciones con objetos del cotidiano, y también pueden ser explicados a través de la simulación o representación con objetos imaginarios, apoyándose en la recreación del imaginario y la evocación de sucesos conocidos o de fácil comprensión al ser ejemplificados. La demostración es otra forma de aportar razones para ‘convencer’ a los estudiantes de las tesis que se les presentan para su asentimiento. En la demostración, los objetos materiales o imaginarios que intervienen contribuyen a ‘dar presencia’ a las ideas o conceptos de la explicación, y toda la acción del profesor durante la explicación y la experiencia que lleva a cabo, se logra que las palabras adquieran significados; representando otra forma usada para la justificación del conocimiento.

- **El razonamiento por Analogía.** (TA 570) La analogía parte de una serie, identidad- semejanza-analogía, de la que se constituye el grado menos significativo. El valor argumentativo de la analogía, es que parte de una similitud de estructuras, cuya fórmula más general sería: A es a B lo que C es a D, y se caracteriza por la diferencia de las relaciones que se confrontan. Llamando tema al conjunto de términos que contienen la conclusión (A, B) y denominar foro al conjunto de términos que sirven para sostener el razonamiento (C, D). Para que exista la analogía, el tema y el foro deben pertenecer a campos diferentes. Las conexiones analógicas hechas con el mundo cotidiano visible, viene a ser una forma de dar realismo a la verdad científica (Kress et al, 2001).

Los maestros y los estudiantes recurrieron al comportamiento y al movimiento de una variedad de objetos y fenómenos cotidianos (por ejemplo, sistemas de carreteras de un solo sentido, obras viales y plomería) para hacer analogías a través del gesto y en su interacción con los modelos. A través de este proceso, los significados socioculturales y sociohistóricos del objeto cotidiano se introdujeron en el aula de ciencias como otro recurso de creación de significado. Por ejemplo, para explicar la causa de un ataque cardíaco, un maestro hizo una analogía entre las arterias del corazón y el fregadero de la cocina, Kress et al (2001, 66).

Lo esencial es la confrontación del tema con el foro. En este tipo de argumentos, la estructura de un hecho se fundamenta en la de otro completamente diferente. Es profunda la distinción entre doble jerarquía y analogía; la primera se basa en un enlace de lo real, la segunda sugiere la confrontación de relaciones situadas en campos

diferentes. *En la metáfora*, sólo un elemento del foro se fusiona con un elemento del tema.

4.3.2.4 *Argumento por disociación*

Los procedimientos de disociación pretenden todo lo contrario a los argumentos por asociación, son técnicas de ruptura cuyo objetivo es disociar, separar elementos considerados componentes de un mismo todo o de un conjunto solidario en el seno de un mismo sistema de pensamiento. La disociación tendrá por resultado modificar semejante sistema variando ciertas nociones que constituyen sus piezas maestras. De ahí que estos procedimientos de disociación sean característicos de todo pensamiento filosófico original. Las dos técnicas asociación –disociación son complementarias y siempre se producen al mismo tiempo. Pero la argumentación gracias a la cual se modifica el dato, puede hacer hincapié en el enlace o en la disociación. (TA 627-698)

4.3.3 **Categoría: La interacción de los argumentos**

En función de las estructuras argumentativas. Los argumentos en las explicaciones pueden interactuar entre sí formando *estructuras argumentativas* que engloban varios argumentos. Otro aspecto que forma parte de un análisis argumentativo para presentar el análisis de la construcción de las tesis desde las premisas en la explicación, es el de identificar como son las interacciones entre los argumentos que se muestran en los fragmentos explicativos o historias científicas. De acuerdo al marco teórico (Perelman y Olbrechts-Tyteca, 1958) y su identificación en clases de física en los discursos explicativos se puede encontrar una gran diversidad de formas las interacciones argumentativas. Simplificando se caracterizarán las estructuras de manera:

- **Serie:** Cuando cada elemento forma una tesis que, a su vez, viene a ser premisa de la siguiente; y así hasta formar el macro argumento. Similar a etapas.
- **Paralelo:** cuando argumentos no relacionados entre sí, aportan o contribuyen a una misma tesis. Similar al de *convergencia* cuando se observa que diversos argumentos, que están presentes en el fragmento, contribuyen a justificar una misma tesis (Fagúndez 2006).
- **Combinación.** Se refiere a una combinación de los argumentos anteriores en una estructura mayor.

Otros aspectos retóricos argumentativos. Se toman en cuenta aspectos como la comunión con el auditorio y la presencia en la explicación que está ligado a la multimodalidad. La multimodalidad de la explicación puede ubicarse dentro del esquema de Perelman, en “las premisas” y “la forma de presentar el discurso”.

4.4 Dimensión 3. La multimodalidad en la acción del profesor

Esta categoría partió del análisis de los modos comunicativos, como recursos que el profesor utiliza para la creación de significados en el aula y que conforman la historia explicativa. Pantidos, Valakas, Vitoratos, y Ravanis (2008) estudian la semiótica teatral y comparan el contexto de la enseñanza como un proceso de comunicación basado en signos al igual que sucede con el teatro. Numerosos signos de la imagen escénica se basan en la actuación y, ya sea explícita o implícitamente, ayudan a dar forma a los significados que componen la trama. Se tomaron muchos referentes como ya se describió en el marco teórico. En la multimodalidad, se manejan las ideas de escenarios, puesta en escena y trayectorias dentro de la historia explicativa.

Esta categoría, es un resultado del proceso recursivo de los análisis y la visión del investigador, tomando primeramente la visión de Lemke, luego Kress y otros 2001, Kress y Van Leeuwen (1996/2006) y otros referentes. En la tabla 4.8 se muestra el esquema de categorías resultantes en esta dimensión.

4.4.1 Categoría: la puesta en escena

Esta categoría destaca de forma resumida los puntos destacados de la historia explicativa. Son tablas formadas con las imágenes de la historia explicativa, cada una señalada con el episodio en que ocurre y alguna descripción de modos comunicativos. Es la historia en imágenes, formado por las imágenes en secuencia de lo que hace el profesor durante la explicación. Caracteriza de manera resumida la mayoría de los modos: postura, gestualidad, desplazamiento, dibujos, la visión de la pizarra, etc., exceptuando el verbal, y recoge información del trabajo en la pizarra.

En esta categoría, la historia explicativa se reduce a cuadros de imágenes donde se visualiza en secuencia cronológica a la historia con la menor intervención del discurso verbal, destacando los modos comunicativos. Es la actuación centrada en ciertos aspectos comunicativos, contribuye a enfocarse en los aspectos resaltantes de la acción multimodal del profesor, además de la pizarra.

Tabla 4.8. **Dimensión 3.** Categorías de análisis multimodal.

La construcción multimodal de la explicación					
Cómo el profesor hace uso de los modos comunicativos para desarrollar la historia explicativa					
La puesta en escena ¿Cómo se presenta la historia?		Formado por las imágenes en secuencia de la actuación del profesor. Caracteriza los modos y la pizarra en la historia explicativa.			
Modos Comunicativos (herramienta visual: <i>Tablero modal</i>) ¿Qué modos comunicativos se presentan en cada episodio de la historia explicativa?	La disposición corporal	La mirada y el contacto visual			
		Postura y el desplazamiento			
		El uso que hace el profesor del espacio			
	Modo verbal.	La pausa (P)			
		Pregunta Crítica.	Pregunta retórica Pr.		
			Interactiva	Pregunta <i>Feedback</i> (PF)	
				Pregunta Guía (PG)	
			Pregunta Respuesta (PR)		
	Modo Gestual.	Gesto Conceptual	Gesto apuntador (GA). señala algo en la pizarra por lo general		
			Gesto beat (GB). Ej. Dedos pulgar e índice juntos, mueve la mano arriba y abajo como si tuviese la batuta de un director de orquesta.		
			Gesto conceptual (GC). representa algo en el aire. Gesto conceptual, estático con un significado. Ej. Los dedos para indicar un número: uno, dos		
			Gesto facial (GF), Ej. Gesto marcado al hablar, enfatizando con los labios, incluye cambio del tono		
		Gesto Narrativa	Gesto narrativo (GN), movimiento del dedo, mano, cuerpo que describe lo narrado		
			Gesto que acompaña la onomatopeya (GNo), es GN, incluye a la expresión verbal onomatopéyica		
	Modo escritura	Escritura	Describe (E) - Títulos, etiquetas, encabezados (ET)		
			Simbología, (ES) - Nomenclatura (EN)		
		Matemático	Desarrolla expresión o ecuación matemática (EM)		
		Enlaces	(D→EM) , (R→EM) Enlaces entre el dibujo o la representación, con el desarrollo matemático		
	(R→D) (D1→D2) Enlaces entre el dibujo o la representación, con la variable en el dibujo				
	(D→E) Enlaces entre dibujo y descripción escrita.				
	Modo Dibujo	Un dibujo	Dibujo simple (D)		
			Dibujo como base de la explicación (DD). La explicación se desarrolla a la par con el dibujo.		
		Dibujos en secuencia (DS)	Para pasar de la vista 3d a 2d (Ej. vista de perfil)		
			Expresan cambios en una variable (Ej. inclinación del plano)		
	Modo de Representación con Objeto real o imaginario (más allá de la pizarra)	Recreación del imaginario (RI) con la narrativa	RI – solo narrativa (verbal)		
			RIG - gestualidad y desplazamiento		
RIGD - sobre el dibujo en la pizarra.					
Representación utilizando objetos físicos (RO)		ROG - gestualidad y desplazamiento			
		ROD - sobre el dibujo de la pizarra			
		ROIG - Con objetos físico e imaginario, gestualidad y desplazamiento			
La interacción de los modos		¿Cómo el profesor utiliza los modos comunicativos en los segmentos de la historia?			

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Categoría: Los modos comunicativos en la historia explicativa.

La multimodalidad de la explicación se encuentra en todas las dimensiones de la categorización. Puede ubicarse dentro del esquema de Perelman, en el desarrollo de las premisas, en la forma de presentar el discurso, y sobre todo en el revestir de la *presencia* retórica a las explicaciones. Se presenta inmerso en todo el proceso de análisis, al observar e interpretar cómo median los objetos en la creación de significados, el objetivo es encontrar la función retórica de la multimodalidad. El objetivo es analizar cómo median los objetos en la creación de significados, el objetivo es encontrar la función retórica de la multimodalidad.

La multimodalidad, a través del uso de diversos modos semióticos, tiene la propiedad de revestir de *presencia* a las premisas para la elaboración de las explicaciones del profesor. Los modos semióticos construyen significados, en base a un aprendizaje social concreto y su significado es conocido por los miembros de un determinado entorno cultural. Los modos son formas de representar información, un conjunto de recursos con forma social y cultural para crear significado (Kress y van Leeuwen, 1996). Los modos tienen forma social y están disponibles culturalmente. La imagen, escritura, diseño, discurso, imagen en movimiento son ejemplos de modos, todos utilizados en recursos de aprendizaje. Los significados se hacen en una variedad de modos y siempre con más de un modo. Los modos tienen diferentes recursos modales. (Bezemer y kress, 2008).

En este estudio se distinguen como modos comunicativos multimodales a aquellos que acompañaron al lenguaje verbal durante las explicaciones del profesor. Una forma inicial de representarlos según el medio base de expresión: el cuerpo humano, la pizarra y la representación con objetos. En la Tabla 4.8, se encuentran organizados los recursos multimodales, según los modos observados en el análisis de las explicaciones: a) disposición corporal, b) modo verbal, c) modo gestual, d) modo escritura, e) dibujo y f) representación con objetos. A continuación, se presentan la descripción y subclasificación de los modos comunicativos.

4.4.2.1 *La disposición corporal*

El *lenguaje corporal*, tiene como principales fuentes de comportamiento: los gestos, la mirada y la postura corporal y el uso del espacio; de aquí se extrae el gesto como categoría separada, y se toma en cuenta a las otras características que son difíciles de contabilizar por episodios, pero que se observan de forma general en la actuación del profesor durante la explicación. Lim, O'Halloran, y Podlasov (2012) en sus estudios resaltan el uso que hace el maestro del espacio en el aula, a través de la posición y movimiento, es un importante recurso para la semiótica del discurso pedagógico eficaz, como tal, los

diferentes espacios en el aula adquieren significados específicos debido a la configuración típica de opciones en el discurso pedagógico que se produce en ese espacio, así como el posicionamiento y la distancia del sitio en relación con los estudiantes y los recursos didácticos, tales como la pizarra.

La disposición corporal	La mirada y el contacto visual
	Postura y el desplazamiento
	El uso que hace el profesor del espacio

➤ *La mirada y el contacto visual*

La función más importante de la mirada para un profesor en su explicación, es la función de comprobación del comportamiento del grupo, mirar a los estudiantes informa de hasta qué punto se ha captado su atención o cuando se debe cambiar de tema o actividad. El contacto visual puede indicarnos cuando alguien quiere decir algo o no quiere establecer ningún tipo de comunicación, o está aburrida, o simplemente no hay feedback.

➤ *La postura y el desplazamiento*

Con la disposición corporal del profesor, se intenta describir la forma que destaca y hace más característica en cuanto a la forma de ubicarse el profesor durante sus explicaciones. Son las posiciones estáticas que adopta el cuerpo humano, como estar sentados con las piernas cruzadas, abiertas, encima de una mesa, con las manos en la nuca, con el tronco recto y echado un poco hacia delante, etc., el profesor dirigirá su cuerpo hacia un punto específico en formas tales como de frente, de perfil.

➤ *El uso que hace el profesor del espacio*

En las clases teóricas universitarias, el espacio es reducido a un rectángulo con un lado la pizarra y el opuesto lo más cercano al espacio de los estudiantes.

- **El espacio autoritario** El espacio delante del escritorio del profesor y en la parte central delantera del aula puede describirse como el espacio de autoridad donde el profesor se coloca para llevar a cabo la enseñanza formal, así como proporcionar instrucciones para facilitar la lección está situado en el límite exterior del espacio social-consultivo, y es normalmente más alejado de los estudiantes en términos de proximidad. La semántica de este espacio puede ser observada desde el retorno del maestro para esta posición, por ejemplo, para continuar con la lección o proporcionar instrucciones adicionales.
- **El espacio de supervisión**, es donde la extrema potencia y control son ejercidas implícitamente a través de un sentimiento 'invisible' de vigilancia. Por ejemplo, el profesor se coloca en la parte de atrás del salón, mirando la espalda de los estudiantes mientras realizan alguna actividad o evaluación.
- **El espacio interaccional** es realizado por el profesor de pie en la posición que busca ser más cercana al estudiante.
- **El espacio personal**, el espacio detrás del escritorio del profesor puede describirse como el **espacio personal** donde el profesor organiza y se prepara para la siguiente etapa de la lección. Sin embargo, el mismo espacio puede transformarse en un espacio autoritario cuando el profesor comienza a enseñar desde detrás del escritorio del profesor.

4.4.2.2 *Modo verbal.*

En el modo verbal se toman en cuenta la pausa y la formulación de preguntas que, por lo general en este tipo de discurso universitario, no van dirigidas a alguna persona determinada, sino a todo el auditorio.

- **La pausa.** Es una estrategia utilizada por los profesores, al iniciar para dar presencia al tema, para dar dramatismo a una representación que realizan, para esperar a los estudiantes mientras copian, para recibir el feedback de los estudiantes; lo utilizan como un recurso para asegurar la adhesión de los estudiantes al desarrollo de la historia. Por ejemplo, el profesor Pere en E01_P, E03_P, E09_P utiliza la pausa para asegurar que los estudiantes estén con él en el desarrollo de la historia, al iniciar el tema, para esperarlos mientras copian o para recibir el feedback de los estudiantes
- **La pregunta crítica.** Propicia el pensamiento, la reflexión y comunicación; a lo cual se agrega que tienen diferentes usos según la estrategia del profesor. La pregunta se puede clasificar entre las que reciben respuesta y las que no; y según sea el propósito del profesor si busca interacción del estudiante o no, o si sólo da orden al discurso.

Modo verbal.	La pausa (P)		
	Pregunta Crítica.	Pregunta retórica Pr.	
		Interactiva	Pregunta Feedback (PF)
			Pregunta Guía (PG)
			Pregunta Respuesta (PR)

- **Pregunta retórica (Pr).** Como definición inicial es aquella que no espera respuesta, que sirve para llamar la atención a lo que viene, dar orden y continuación al discurso.
- **Pregunta Interactiva.** Se clasifican en esta categoría aquellas preguntas que persiguen el objetivo de interactuar con el estudiante.
 - **Pregunta Feedback (PF).** Es una pregunta de evaluación, que no recibe respuesta, o el profesor la contesta, sirve para censar al estudiantado, puede venir acompañado de una pausa para observar la reacción de los estudiantes (un rumor, el silencio, las miradas, alguno que conteste). Por ejemplo, al final de B08_L (tabla7.5), Laura usa como estrategia la pregunta retórica con el fin de censar al estudiantado, pregunta la primera vez, no responden y se auto responde, y luego vuelve a preguntar esperando respuesta y no la escucha. Esta pregunta es una pregunta *feedback*.
 - **Pregunta Guía (PG).** Por lo general se utiliza como andamio en la construcción de significados. Cuando el profesor censa tensión o conflicto en la comprensión de la explicación, el desvía un poco la discusión y realiza una pregunta hacia algo más visible o sencillo para el estudiante que sirve para romper la tensión. Por ejemplo, finalizando el episodio B09_L, y continuando

con el anterior que Laura censa la incompreensión de los estudiantes, Laura dibuja y luego señala hacia la región de carga “negativa”, para preguntar “por supuesto podemos considerar que en esta región del espacio tiene que haber ¿qué tipo de cargas?”, espera la respuesta y los estudiantes se la dan: ¡negativas! Es una respuesta llevada por la profesora, pero al contestar se inicia la dinámica, los estudiantes comienzan a responder.

- **Pregunta – Respuesta (PR).** El profesor pregunta y la audiencia responde claramente. Esta es la tradicional triada pregunta, iniciación, respuesta, *feedback*. Siguiendo con el ejemplo anterior (tabla 7.6), episodios B11_L y B12_L, Laura, retoma la pregunta con la unidad de área/ cartuchera en la que no obtuvo *feedback*, Laura retoma la pregunta que quedo en el aire en el episodio B08_L “entonces fíjense bien, si yo agarro mi unidad de área y la pongo perpendicularmente a las líneas de campo eléctrico, en esta región del espacio... Laura coloca la cartuchera sobre el dibujo y con la otra mano recorre la figura con el índice arriba/abajo: “me están atravesando, vamos a colocarla más abajo, ¿cuántas líneas?” y los estudiantes responden “cuatro” y al responder, Laura recibe el *feedback* y continua el ciclo de preguntas respuesta seleccionando otra región, lo que confirma la comprensión del estudiantado y reafirma la audiencia.

4.4.2.3 **Modo Gestual.**

En esta categoría, se tomó el concepto de Alshwaikh (2011), en su trabajo de investigación sobre diagramas geométricos, ya que comparte la visión de la investigación y sus variables, donde el tiempo y la narración de la historia se toma en cuenta. En el momento en que el objeto no representa sin movimiento, el gesto es conceptual, y si el gesto está en movimiento, pero no narra ninguna imagen, sino que acompaña a la voz, también se catalogó como conceptual. En el momento en que el gesto comienza no sólo a expresar movimiento sino a dibujar una imagen, se convierte en narrativa, similar a la estructura representacional para las imágenes de Kress y Vanleewan, (2006, p59). Se forman entonces dos conjuntos: gestos conceptuales o narrativos. Dentro de estos conjuntos se fueron agregando subcategorías según los gestos observados en el discurso del profesor

- **Gesto Conceptual** falta esa narración en el gesto, por lo general es estático o su ritmo acompaña a la voz.

- **Gesto apuntador (GA):** son gestos estáticos ilustradores, por lo general realizados con el índice o la mano, y el fin más común es señalar, llamar la atención de algo una ecuación, una imagen en la pizarra un objeto en el aula.
 - **Gesto conceptual (GC):** son gestos estáticos en el aire, que tienen un significado. Por ejemplo, indicaciones con las manos de la forma de un objeto, la medida, la relación espacial mientras se habla de ello. Son gestos casi inconscientes, aconsejables para dar mayor riqueza gráfica al sistema o concepto dado en la explicación. Hay gestos que se confunden entre apuntador o conceptual, por ejemplo, el gesto de medida con pulgar e índice en “C” es conceptual si se realiza en el aire, pero si está directamente sobre el dibujo de la pizarra u objeto, estaría clasificado como apuntador ya que está señalando.
 - **Gesto batuta o beats (GB):** según (Albadalejo, 2007, p86) pertenece a los gestos ilustradores: son gestos que acentúan y complementan el discurso verbal, y no son directamente traducibles. Son gestos “batuta” saltan con los saltos de frases; por lo general se utiliza para hacer énfasis, resaltando las palabras o imponer un ritmo a la explicación. *Por lo general es la mano que sube y baja como la batuta del músico, sin embargo, se ha observado ese movimiento que acompaña el fraseo, pero con la cabeza y torso.*
 - **Gesto Facial (GF):** otro gesto observado es el cambio de la expresión facial a un movimiento exagerado en la modulación vocal, que puede indicar la importancia de lo que está explicando, a través de marcadores como el énfasis y los cambios de entonación (a veces acompañados por el gesto beat). Por lo general viene acompañado por el cambio de tono.
- **Gesto Narrativo.** Si el gesto no acompaña la voz, sino que narra mientras realiza el movimiento, un movimiento dinámico al producir el gesto, entonces se considera que el gesto es narrativo, en el que una historia está siendo contada. Se caracteriza por los procesos de cambio, la mano, el dedo, el cuerpo se mueve a medida que se narra el evento, materializando lo narrado en una imagen, un recorrido, una dirección.
- **Gesto narrativo (GN):** los más reconocibles son las mímicas, pero el mismo gesto apuntador del índice, pero se coloca en movimiento (sobre el objeto o la pizarra, por ejemplo) “narra” recorrido, dibuja una línea imaginaria, narra un sentido.

- **Gesto de la onomatopeya (GNo):** acompaña a la onomatopeya, incluye la expresión de la voz onomatopéyica. Por ejemplo: “pishhh” cuando simula el sumidero, “rrrrrr” en el sonido del río, entre otros.

4.4.2.4 *Modo escritura*

El recurso más usado en la enseñanza, que acompaña al discurso oral, es la escritura en la pizarra. En la pizarra, el profesor deja plasmado las ideas centrales de su explicación. Se observa la escritura para dar presencia al concepto o noción de lo que está explicando, y para comunicar *la forma en que se deben expresar los razonamientos por escrito*. Para el ingeniero todo lo escrito (el idioma + simbología + nomenclatura + ecuaciones) es un solo lenguaje. El lenguaje simbólico que se utiliza en las matemáticas nos permite representar conceptos, operaciones, fórmulas y expresiones con valor propio. La categoría de escritura se clasificó en escritura descriptiva (con títulos, nomenclatura, simbología), la escritura matemática, y adicionalmente, se agregó una subcategoría de enlaces.

➤ *Escritura*

- **Escritura descriptiva (E):** se toma en cuenta cuando el profesor escribe una descripción en la pizarra, por ejemplo, una definición.
- **Escritura títulos y subtítulos (ET):** cuando escribe el título, coloca una etiqueta, que resalta en la explicación. Por ejemplo, Montse (tabla 8.26) cuando finaliza el ejemplo de la carga puntual, coloca en cuadro la respuesta y la titula: Ley de Gauss.
- **Escritura de símbolos (ES):** pueden ser símbolos gráficos, o matemáticos, son convenciones acordadas para facilitar la expresión matemática y gráfica. La T invertida para indicar perpendicular (\perp), o el “ojo” que indica la vista a realizar.
- **El uso de la nomenclatura matemática (EN):** es la terminología que utiliza símbolos y nombres para designar elementos y conceptos matemáticos toma en cuenta las convenciones de escritura matemático gráfico de la física. Por ejemplo, todo vector debe identificarse tener un índice con el nombre, presentar la flecha arriba, la nomenclatura de flujo eléctrico (ϕ_E).

- **Escritura Matemática (EM):** Utilizado para el desarrollo de ecuaciones, y expresiones que usan simbología matemática.

Modo escritura	Escritura	Describe (E) - Títulos, etiquetas, encabezados (ET)
		Simbología, (ES) - Nomenclatura (EN)
	Matemático	Desarrolla expresiones y ecuaciones matemáticas(EM)
	Enlaces	(D→EM) , (R→EM) enlaces entre el dibujo o la representación, con el desarrollo matemático
		(D1→D2) enlaces entre dibujos
		(D→E) enlaces entre dibujo y descripción escrita.

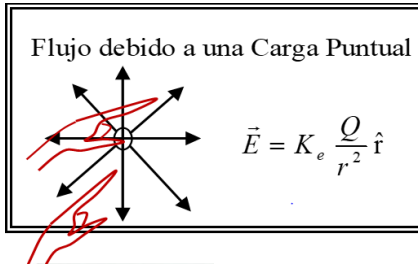
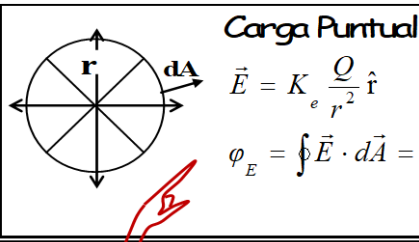

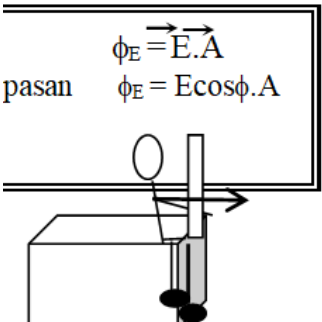

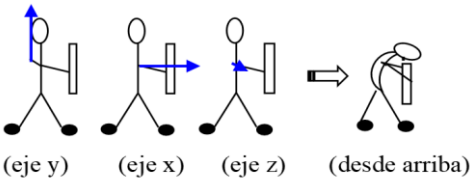
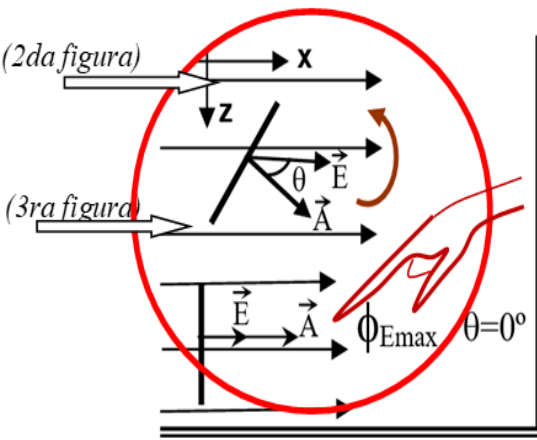
➤ **Enlaces entre imagen-escrito** dentro de la actuación de los profesores se observó una acción común que, aunque no es un modo, lo acompaña y describe el proceso de comunicación dando presencia a la escritura. Exteriorizado con los gestos, pero más que el gesto en sí, es la función **de enlace** que realiza entre el dibujo (D→EM) o la representación (R→EM), que por lo general da soporte a la entidad como **variable escrita** el desarrollo matemático. Igualmente se observó en Laura, otro tipo de enlaces que relacionan las variables, pero de dibujo (D1→D2) o representación (R→D) a otro colocada en el dibujo, por lo que se optó por añadirlos. A continuación, se describen con ejemplos de los análisis.

- **Enlace (D→EM):** Lo que está en el dibujo lo conecta a la escritura matemática. En el episodio D23_M (tabla 8.25) Montse enlaza las variables de la expresión de Coulomb escrita en la pizarra para el campo de la carga puntual, con las variables en el dibujo, señalando la carga, el radio, y la esfera de radio r donde el campo tendría el mismo módulo.
- **Enlace (R→EM):** Lo que está en la representación lo conecta a la escritura matemática. Montse utiliza este enlace en la resolución de problemas del plano infinito. (tabla 7. 36 a 7.38) en E31_M resuelve y obtiene el flujo dependiendo de la carga neta Q' , y luego en E32_M, usando una representación con dos folios, conecta esta variable carga neta a la carga encerrada entre un *folio-plano* y un *folio-cilindro*.
- **Enlace (R→D):** Lo que está en el dibujo lo conecta a la escritura matemática. D13_L a D17_L. Laura ya dibujó el sistema formado por el plano y las líneas de campo en 3d y a un lado colocó los ejes de coordenadas y el símbolo del “ojo”; igualmente realizó el siguiente dibujo en secuencia según la vista marcada por el “ojo”. En D15_L (tabla 8.40) Laura realiza una representación del sistema dibujado usando la carpeta, y representa los ejes x, y z del sistema de coordenadas y simula el “ojo” enlazando con lo escrito sobre el primer dibujo.

- **Enlace (D1→D2):** Lo que está en el dibujo lo conecta a la escritura matemática.
Laura lo realiza en todo el dibujo en secuencia del plano inclinado. Por ejemplo, en D16_L (tabla 8.41) realiza el enlace entre la segunda y tercera figura en secuencia del plano inclinado, señalando las variables de uno a otro dibujo.

En la Tabla 4.9 se muestran algunos tipos algunos tipos de enlaces desde el dibujo o la representación hacia lo escrito.

Tabla 4.9. La categoría de enlaces. Algunos tipos desde el dibujo o la representación hacia lo escrito.

Enlace (D→EM): ejemplo D23_M	Enlace (R→EM): ejemplo D12_L
 <p>Flujo debido a una Carga Puntual</p> $\vec{E} = K_e \frac{Q}{r^2} \hat{r}$  <p>Carga Puntual</p> $\vec{E} = K_e \frac{Q}{r^2} \hat{r}$ $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} =$	 <p>pasan</p> $\phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$ $\phi_E = E \cos \phi \cdot A$ 
Enlace (R→D): ejemplo D15_L	Enlace (D1→D2): ejemplo D16_L
 <p>por una super</p> <p>sup.</p>  <p>(eje y) (eje x) (eje z) (desde arriba)</p>	 <p>(2da figura)</p> <p>(3ra figura)</p> <p>$\phi_{E_{\max}}$ $\theta = 0^\circ$</p>

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.5 Modo Dibujo

En una explicación, el dibujo pasa a representar de manera dinámica un sistema, por lo general en tres dimensiones, y sobre este dibujo que sirve de base se da inicio al proceso de análisis, mientras se definen sobre este dibujo, las variables que intervienen en el concepto a estudiar sobre el sistema, bien sea dibujándolas, escribiendo su nombre, resaltando con color, entre algunas de las formas. Según lo observado se clasificó en

Modo Dibujo	Un dibujo	Dibujo simple (D)
		Dibujo como base de la explicación (DD). La explicación se desarrolla a la par con el dibujo.
	Dibujos en secuencia (DS)	Para pasar de la vista 3d a 2d (Ej. vista de perfil)
		Expresan cambios en una variable (Ej. inclinación del plano)

- **Dibujo Simple (D).** Es el dibujo común, se presenta de una vez de forma completa, y es utilizado para ilustrar un ejemplo o una característica de un concepto, formando parte de una explicación mayor. Como ejemplo se encuentra el escenario de la figura no plana realizado por Pere para ilustra que el ángulo entre el campo y el vector área puede cambiar, lo que afecta la definición inicial de flujo eléctrico como producto escalar de esas dos variables y justificar la integral.
- **Dibujo como base de la explicación (DD).** Este tipo de dibujo se caracteriza por que el profesor no lo realiza de manera continua, sino que los elementos del dibujo van apareciendo a medida que avanza la explicación. El proceso de construcción del dibujo acompaña en todo momento a la explicación, comportándose como el foco de atención o soporte principal en la explicación. Ejemplo, el segmento de episodios (B08_L, B18_L) para la explicación sobre las líneas de campo eléctrico, apoyado en el desarrollo y construcción de un dibujo, que puede observarse en secuencia en la figura 4.3
- **Dibujo en secuencia (DS)** La secuencia de figuras se refiere a dos o más dibujos relacionados en la explicación; es decir el profesor realiza dos o tres dibujos para soportar la explicación de un concepto (ver figura 4.4). Se pueden nombrar los siguientes casos: a) un mismo sistema dibujado en dos instantes de tiempo diferentes para analizar o presentar cambios de comportamiento al transcurrir el tiempo (dibujo de Pere con el comportamiento de conductores al someterse a un campo eléctrico uniforme), b) varios sistemas dibujados que destacan una clasificación o tipo de

comportamiento de una premisa (dibujo de Pere al clasificar los tipos de campo), c) el mismo sistema dibujado varias veces, cambiando cada vez (el valor de una variable) la inclinación un mismo elemento (los tres profesores en la explicación de flujo, dibujaron el sistema del plano inclinado) y d) el mismo sistema presentado usando la vista tridimensional y luego una vista en el plano para presentar las variables, usado en la resolución de problemas, ejemplo Montse con el plano infinito episodios E23_M y E24_M (tablas 7.30 y 7.31).

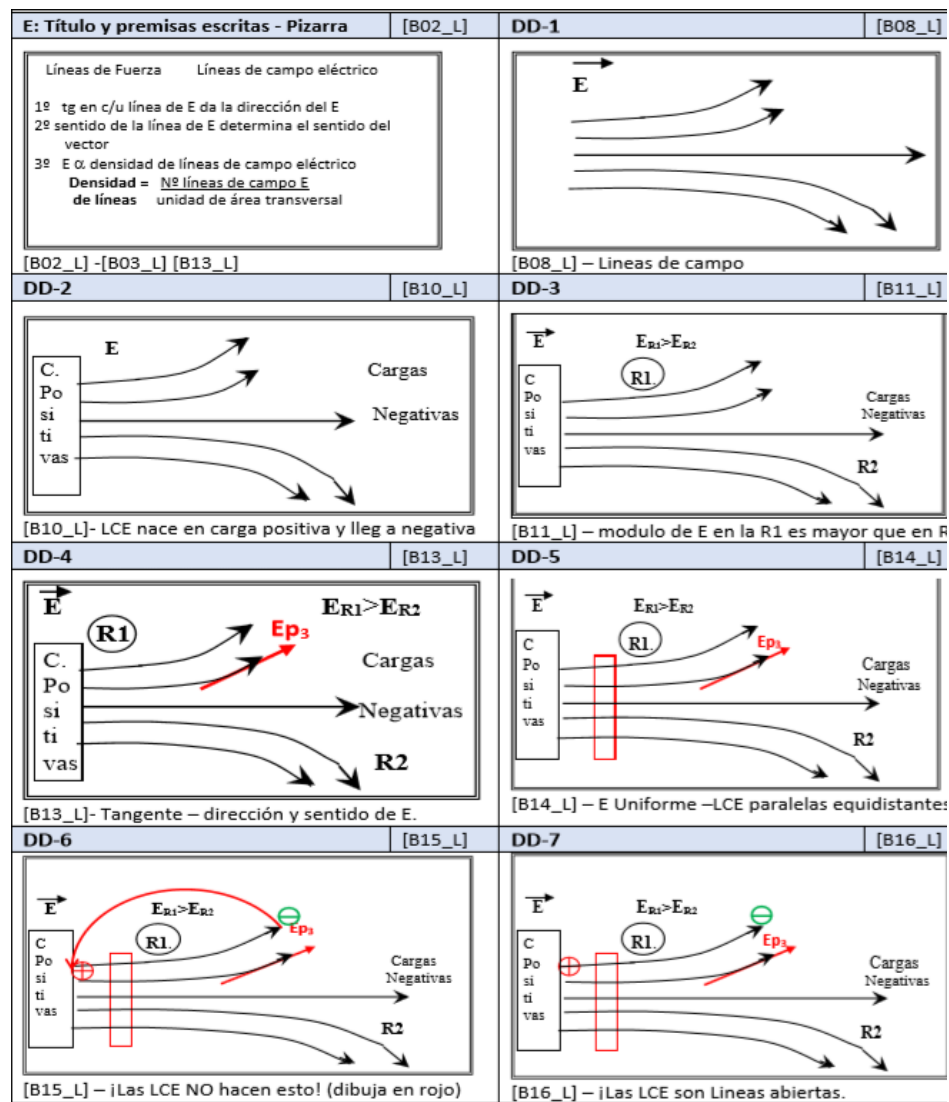


Figura 4.3. Categoría DD: Dibujo como base de la explicación. Ejemplo del capítulo siete, muestra el desarrollo del dibujo en quince episodios. Fuente: Elaboración propia.

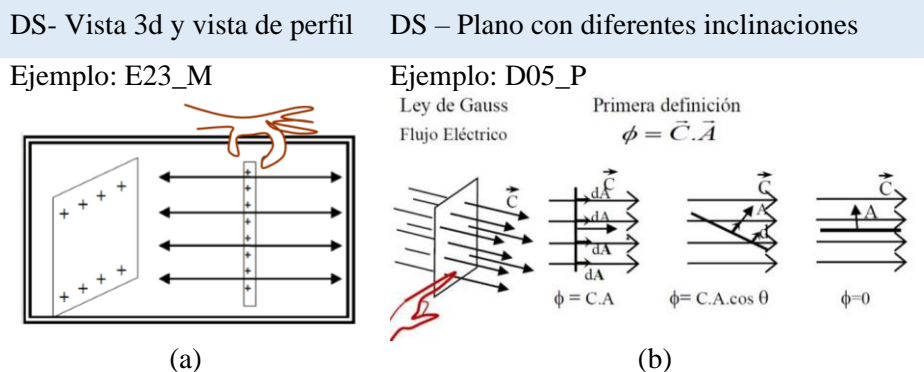


Figura 4.4. Categoría (DS): Dibujo en secuencia, tipos: a) vista de perfil y b) secuencia cambiando la inclinación del plano. Tema: Líneas de campo y flujo eléctrico. Fuente: Elaboración propia

4.4.2.6 Modo Representación

En la representación del imaginario, la mímica, por ejemplo, el profesor hace uso de su cuerpo como un lugar visual para la información verbal y visual que proporciona en la explicación, materializa la narración (RI, RIG), o el dibujo (RIGD), dándole características espaciales y movimiento.

Modo Representación	Recreación del imaginario (RI) con la narrativa	RI – solo narrativa (verbal)
		RIG - gestualidad y desplazamiento
		RIGD - sobre el dibujo en la pizarra.
	Representación utilizando objetos físicos (RO)	ROG - gestualidad y desplazamiento
		ROD - sobre el dibujo de la pizarra
		ROIG - Con objetos físico e imaginario, gestualidad y desplazamiento

- **RI - Recreación de imágenes en el imaginario (RI):** soportado en lo verbal, con una narración muy detallada y vívida. Un ejemplo lo realiza Montse al iniciar el tema de flujo eléctrico que ubica a los estudiantes almorzando a la orilla del río.
- **RIG - Representación del imaginario y gestualidad** (mímica, río) pantomima

Ejemplo: Montse de RIG-1, en la tabla 8.17; se presentan los episodios [D01_M, D03_M] donde Montse recrea un río, y lo hace visible a los estudiantes, usando onomatopeyas y simula el movimiento del río.

Ejemplo: Montse de RIG-2, en la tabla de puesta en escena 8.31a, y en la tabla 8.18; se presentan los episodios [D05_M, D07_M] donde Montse recrea una espira imaginaria que sumerge en el río, finalizando con la comparación entre dos ríos y dos espiras sumergidas.

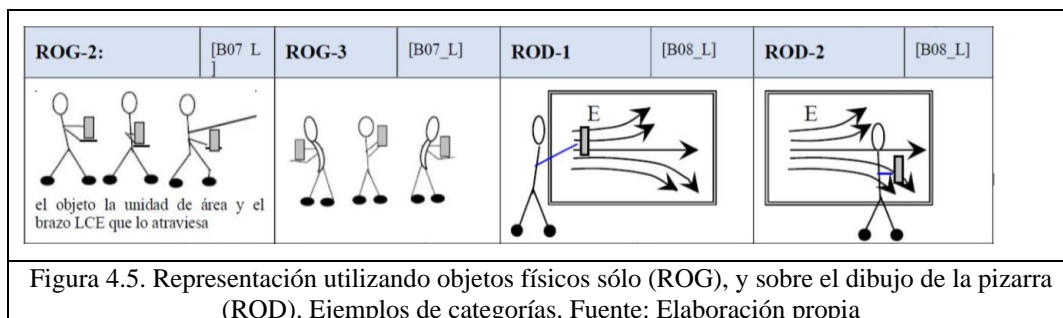
- **RIGD - Representación del imaginario y gestualidad sobre dibujo en la pizarra (RIGD).** Ejemplo Pere de RIGD, (yo soy la carga) en los episodios E05_P (tabla 7.19) representa una mímica colocado sobre el dibujo de la esfera en la pizarra, cómo la carga puntual y describe con su gestualidad a las líneas de campo que salen radiales.
- **RO - Representación utilizando Objeto físico (RO):** el objeto materializa una entidad.
- **ROG -Representación utilizando Objeto físico, gestualidad y/o desplazamiento (ROG)** el profesor utiliza un objeto (folio, rotulador, carpeta, borrador, plumier o cartuchera) para representar una entidad, acompañado de la gestualidad narrativa y/o el desplazamiento que completa el escenario de la explicación. Ejemplo en la figura 4.5.

Ejemplo de Laura de ROG, en el episodio B07_L (tabla 7.5) utiliza un plumier o cartuchera, para dar soporte a la explicación de la definición de densidad de líneas de campo.

Ejemplo Montse de ROG, en las tablas de puesta en escena 7.41 a, b y c; se presentan de manera simple el uso de: la libreta como representación del sistema plano cilindro (episodio E 25_M y E26_M), el folio-cilindro (E28_M), Folio-plano con folio-cilindro (E32_M, E33_M)

- **ROD - Representación utilizando objeto físico sobre el dibujo en la pizarra (ROD)** representación utilizando el objeto. (ver figura 4.5)
 - Ejemplo Laura de ROD, en los episodios B08_L y B11_L (tabla 7.13a) utiliza un plumier o cartuchera sobre el dibujo de la pizarra para contar el número de líneas de campo que lo atraviesan para dar soporte al significado de densidad de líneas de campo e intensidad del campo.
 - Ejemplo Montse de ROD, en las tablas de puesta en escena 7.41 a, b y c; se presentan de manera simple el uso sobre la pizarra de: el folio cilindro (episodio E23_M, E 25_M y E27_M), el borrador como paralelepípedo (E34_M).
- **ROIG - Representación con objeto físico e imaginario y gestualidad (ROIG):** el profesor utiliza objetos físicos en un escenario imaginario, acompañado de gestualidad

y /o desplazamiento. Ejemplo Pere de ROIG, (el cubo como gausseana) en los episodios E08_P (tabla 7.21) recrea el aula inmersa en el campo eléctrico que genera una carga puntual colocada en su centro, y representa como se comportarían las líneas de campo y el vector área al seleccionar un cubo como superficie Gausseana (las paredes del aula)



4.4.3 Interacción de los modos comunicativos.

Esta categoría condensa los modos comunicativos observados a lo largo de los episodios, y los describe según se construye la historia. Para lograr la visualización de lo que se ha analizado de forma esquemática, se diseñó una herramienta, que se llamó: **Tablero modal** formado por una tabla descriptiva, mostrado en la figura 4.6, en cuyo encabezado está la descripción de la historia y se segmenta de la historia a mostrar.

En la primera columna del *tablero modal* mostrado en la figura 4.6, se despliegan todas las subcategorías de modos comunicativos, a los que se les asignó un color para ubicar visualmente los modos y detectar la interacción (por acumulación) de modos. A partir de esta tabla se construye la descripción de la interacción de los modos comunicativos.

Modo Comunicativo		PROFE: Nombre o Tema del segmento. Episodios que abarca por ejemplo [A23_P al A31_P]								
		Fila			Descriptiva por			Episodio (s)		
Episodios 1min		23	24	25	26	27	28	29	30	31
Represent	ROD									
	RI									
	RIG									
	ROG									
Dibujo	DS-2									
	DS-1									
	DD									
Enlace	R→EM									
	D→EM									
	EM									
Escritura.	ENombe									
	ESVect									
	ET									
	E									
Gestual	GNo									
	GN									
	GC									
	GBeat		2x		3x	3x				
	GA				3x	3x				3x
	GFtono									
	pausa									
Pregunta	PR			3x						
	PG									
	PF									
	Pr						2x		2x	
V	Habla									
Episodios		23	24	25	26	27	28	29	30	31

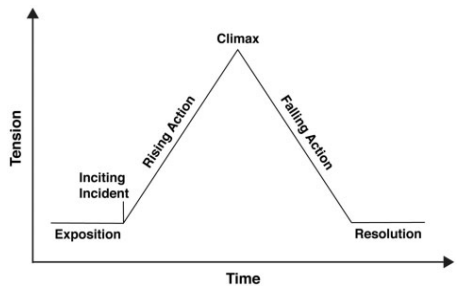
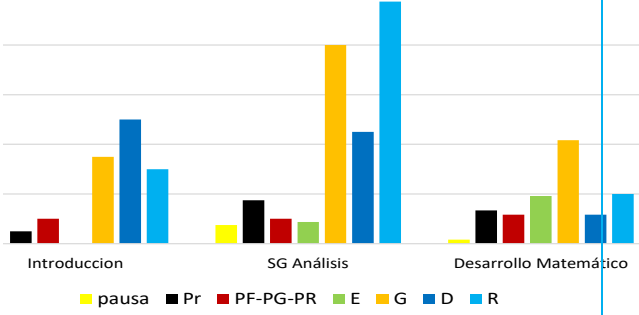
Figura 4.6. El **Tablero Modal**. Herramienta para el análisis de los modos comunicativos utilizados por el profesor en la historia explicativa. Fuente: Elaboración propia

4.5 Dimensión T. La representación de la historia.

Esta dimensión se considera de un nivel superior a las primeras categorías, ya que requiere del análisis previo de las dimensiones anteriores para poder aplicarlas. Desde el estudio para caracterizar la actuación del profesor, se planteó la búsqueda de presentar el pensamiento gráfico del análisis, que de alguna manera diera cuenta del desarrollo de la historia explicativa.

y que pudiera servir de ejemplo de posibles actividades que muestren el proceso reflexivo. Partiendo de la gráfica, el esquema o la tabla como un instrumento de diálogo, a una doble función: es una forma de anotación, analítica y reflexiva que resume; pero también es un instrumento de pensamiento, de síntesis y de producción que crea, el diagrama juega un doble papel: es un modo de notación (de análisis, de reconocimiento y de reflexión) pero también es una máquina de acción (generativa, sintética y productiva), equivalente a diagnóstico y respuesta, o **mapa y trayectoria**” en Cañas y colaboradores (2008).

El propósito de la dimensión T es hacer uso de la multimodalidad y expresar de forma gráfica, la interpretación del análisis realizado de forma que; a través de una gráfica se pueda obtener información condensada de los análisis previos. Se responde a algunas de las preguntas centradas en la visión didáctica, planteadas en el capítulo 1: La pregunta general desde esta perspectiva es: ¿Cómo describir de forma gráfica las trayectorias narrativas que se elaboran para la construcción de significados de un contenido científico específico a lo largo de un periodo de tiempo en que se construye una historia científica? Para ello se crearon dos categorías. En la tabla 4.10, se pueden ver las dos categorías de la dimensión T.

Tabla 4.10. Dimensión T. La representación de la trayectoria explicativa en la historia.		
Interacción didáctica y multimodal que dinamizan y le dan curso a la historia		
1. Gráfica de tensiones en la trayectoria narrativa	Trayectoria narrativa de la historia vs tensión comunicativa.	 <p>Generar tensiones: es crear conflicto cognitivo, planteando situaciones reales o imaginarias que requieran análisis y juicio del estudiante.</p>
Interacción de los modos comunicativos del profesor		
2. Esquema de barras modales o de modos comunicativos	Trayectoria narrativa vs modos comunicativos /segmentos	 <p>Fuente: Elaboración propia</p>

- La gráfica de tensiones en la trayectoria narrativa, describe ¿cómo se desarrollan las tensiones a lo largo de la historia explicativa? Resumiendo, de alguna forma con una segunda capa de análisis, las formas de intervención del profesor y la multimodalidad.
- El esquema de barras y modos comunicativos describe ¿cómo interactúan los modos comunicativos en los segmentos explicativos a lo largo de la explicación? Este análisis parte de la base del análisis de la dimensión de modos comunicativos.

4.5.1 Categoría: Gráfica de tensiones en la trayectoria narrativa.

Una forma de describir el comportamiento didáctico multimodal de una trayectoria narrativa, es estudiando el comportamiento de tensiones generadas en el tiempo. El tiempo viene dado por los episodios y la tensión viene determinada en los análisis de las categorías previas. Se utilizó la definición de crear “tensiones semióticas” de (Ogborn et al., 1996), que consiste en censar o plantear situaciones que generen conflicto cognitivo en los alumnos. Tal conflicto motiva las explicaciones siguientes. Por ejemplo, una forma de generar tensión es la creación de diferencias, estas diferencias se fundamentan en el uso de estrategias que contribuyen a que los alumnos duden acerca de los conocimientos que creen tener. En general, el planteamiento de situaciones que generen el conflicto cognitivo, va acompañado de un quehacer del profesor orientado a intentar que los alumnos tomen partido de una dinámica orientada a la comprensión de los significados expuestos.

La representación se apoyó en un gráfico cualitativo, adaptado de la teoría de arco dramático mostrado en el artículo “*Making Science Meaningful for Broad Audiences through Stories*” que traducido es hacer que la ciencia sea significativa para audiencias amplias a través de historias, de Sara J ElShafie (2018, p1216), quien en una revisión documental informa que las historias a menudo comienzan con una exposición para establecer la escena, presentar un conflicto que inicia la acción ascendente y resolver el conflicto en el clímax y luego la acción descendente. El novelista y dramaturgo alemán Gustav Freytag describió por primera vez este “arco dramático” en 1863 basado en un análisis de la poética de Aristóteles; y los dramas de Shakespeare (Freytag 1900 referenciado en ElShafie, 2018). La “pirámide” de Freytag, también conocida como el “arco dramático”, muestra una estructura de historia de cinco partes con tensión creciente y descendente con el tiempo. Para dar una idea de la gráfica, en la figura 4.6 se muestra un ejemplo tomados de la fuente anterior, con el *arco dramático* para una historia sobre un estudio científico; en ella se puede percibir las fases de generación y resolución del conflicto.

En la parte inferior de la figura 4.7. se muestra la gráfica contextualizada a la investigación. Donde una historia puede presentar múltiples momentos de tensión, percibidas como: generación (ascenso) y resolución (bajada) de conflictos cognitivos que van construyendo la explicación. Esta gráfica viene justificada con una descripción y es algo sencillo, aunque se recomienda realizar tablas, que describa por partes a la historia. Como se muestra en la tabla 4.11.

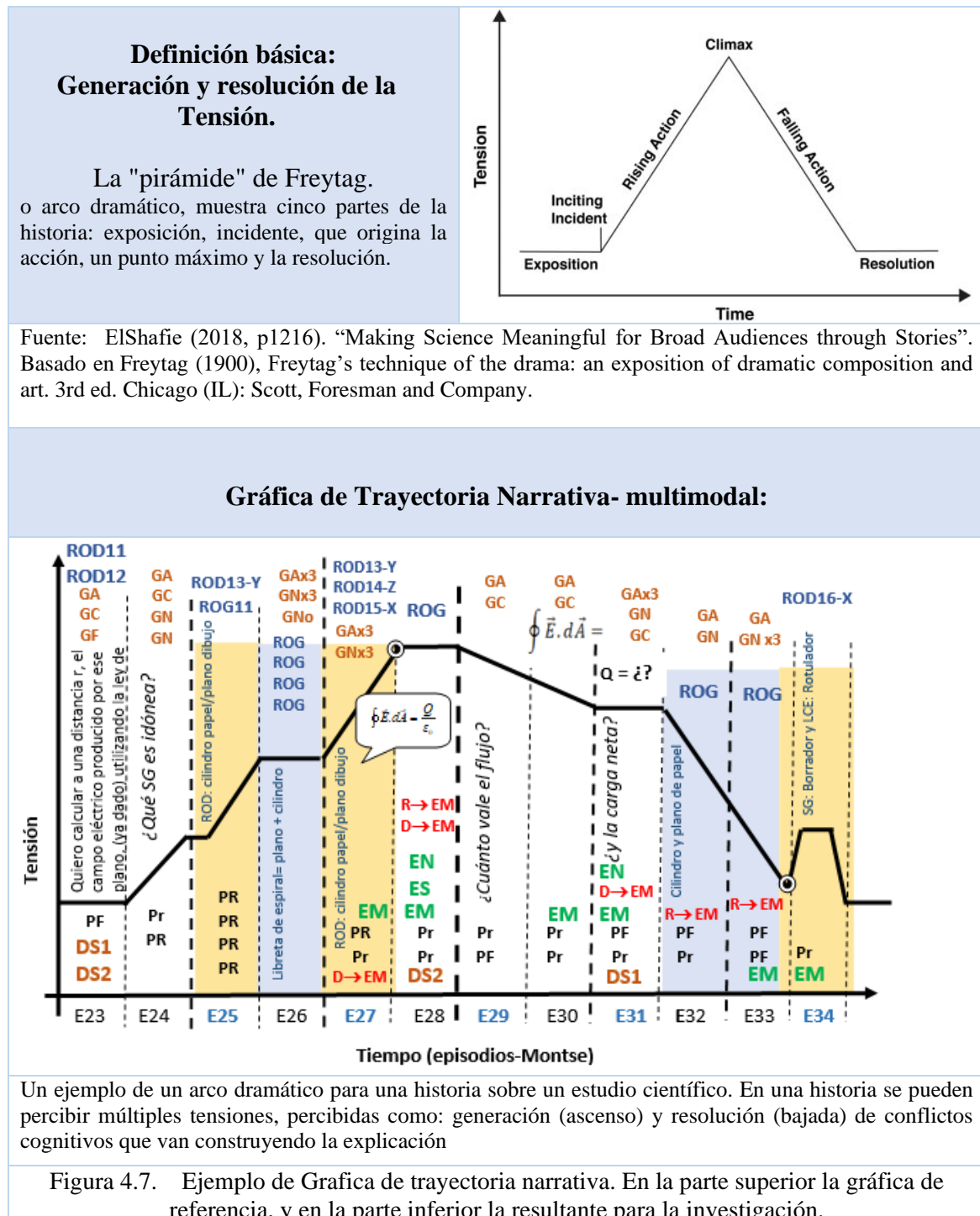


Tabla 4.11. La tensión en la historia explicativa.

historia:	Cómo se censó la tensión	Como se resuelve la tensión
Primera parte Identifica el intervalo - descripción - acción	¿Qué elemento genera la tensión? Una pregunta crítica, gestos narrativos una <i>dinámica de preguntas y con la representación con objetos</i> sobre la pizarra. Identifica el episodio y los elementos de forma específica La tensión generada, ¿de que intensidad la interpretas? (poca-normal-mayor) Toma nota de tus observaciones, del porqué Ej, La acumulación es un elemento que me indica, densidad de interacciones/ tiempo	¿Qué elemento te informa que se resuelve o aligera la tensión? Una respuesta a la pregunta crítica, la repetición, Enlaces realizados para responder, gestos narrativos, El profesor responde con un dibujo o una representación nueva o agregando detalles al anterior Identifica el episodio y los elementos de forma específica

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2 Categoría: Esquema de barras modales o de modos comunicativos

En la tabla 4.10, de la Dimensión T, en la fila inferior se presenta esta categoría y su representación gráfica. Este diagrama de barras es una forma cualitativa de mostrar la intervención de los modos, agrupados de forma que se pueda obtener información, en cada segmento por intervalos. Se obtiene del tablero modal, y el conteo por episodios de los modos agrupados en: verbal, gestual (ocre), escritura (verde), dibujo (azul oscuro) y representación (azul claro). El modo verbal se presenta la pausa (amarillo), pregunta retórica(negro), pregunta interactiva (rojo). Es un modo sencillo, de dar una imagen global de la historia y ver puntos de mayor dinamismo en la historia.

4.5.3 A modo de cierre, la representación de la historia explicativa

La transformación y el desarrollo de un concepto científico se vuelven disponibles para el análisis a través de la identificación de características de gestos y conjuntos de discursos que permiten seguir *el desarrollo de la narrativa en el tiempo*; es decir, permite identificar temas y significados a medida que se desarrollan y cambian durante las explicaciones. La enseñanza y

el aprendizaje son procesos que dependen del tiempo. El profesor en su explicación desarrolla sus ideas, da coherencia al contenido y desarrolla sus significados a medida que desarrolla la secuencia de enseñanza en el aula; y esta va construyéndose y evolucionando a lo largo del tiempo en el discurso del aula, a lo largo de las diversas sesiones de una secuencia; por lo que el tiempo es un parámetro importante en la enseñanza y el aprendizaje (Lemke, 2000). En la mayoría de los entornos didácticos, la presentación del conocimiento del contenido se organiza en secuencias que duran varias sesiones (Badreddine, Buty (2011), Tiberghien, Cross, Sensevy (2014) entre otros). En esta investigación interesa plasmar la trayectoria que sigue la historia explicativa, presentando el comportamiento a lo largo que se desarrolla la explicación, de forma gráfica, tomando esta representación (Ej. el diagrama, el grafico o esquema) como herramienta visual conceptual, que puedan ser útiles para representar la construcción de la explicación del profesor, visto como una trayectoria de ideas, de estrategias que se desenvuelven en el tiempo. ***Como actor, el profesor crea en el escenario*** lo que posteriormente se convierten en entidades reales (afectivas, intelectuales) para toda la audiencia (teatral). Además, debido a que en *escalas de tiempo más cortas* el discurso espontáneo proporciona recursos al hablante en relación con lo que se dice, hay un momento de imprevisibilidad con respecto a cuál será el próximo enunciado. Esto hace que el profesor no solo sea sujeto del desarrollo de las ideas y conceptos, sino que también esté sujeto al proceso comunicativo que se desarrolla.

5. Análisis de las secuencias explicativas.

La relación didáctica: contenido – tiempo – historias.

✚ En este capítulo se presentan los análisis y resultados de las explicaciones a nivel macro, con el objeto de dar una visión global del contenido de las explicaciones de los profesores. El análisis se realizó en función de dos categorías iniciales de organización de la clase: el orden del contenido y el tiempo dedicado. Los resultados fueron los puntos de partida para la construcción de los análisis a nivel meso, en función de las categorías y los hallazgos de este capítulo desde la construcción de las historias, la retórica de la enseñanza y la multimodalidad de los profesores de física. El resultado del presente capítulo es la construcción de seis unidades didácticas, y constituyen las bases de trabajo, para los análisis en función de las categorías y desde la construcción de las historias, la retórica de la enseñanza y la multimodalidad de los profesores de física.

5.1 Introducción.

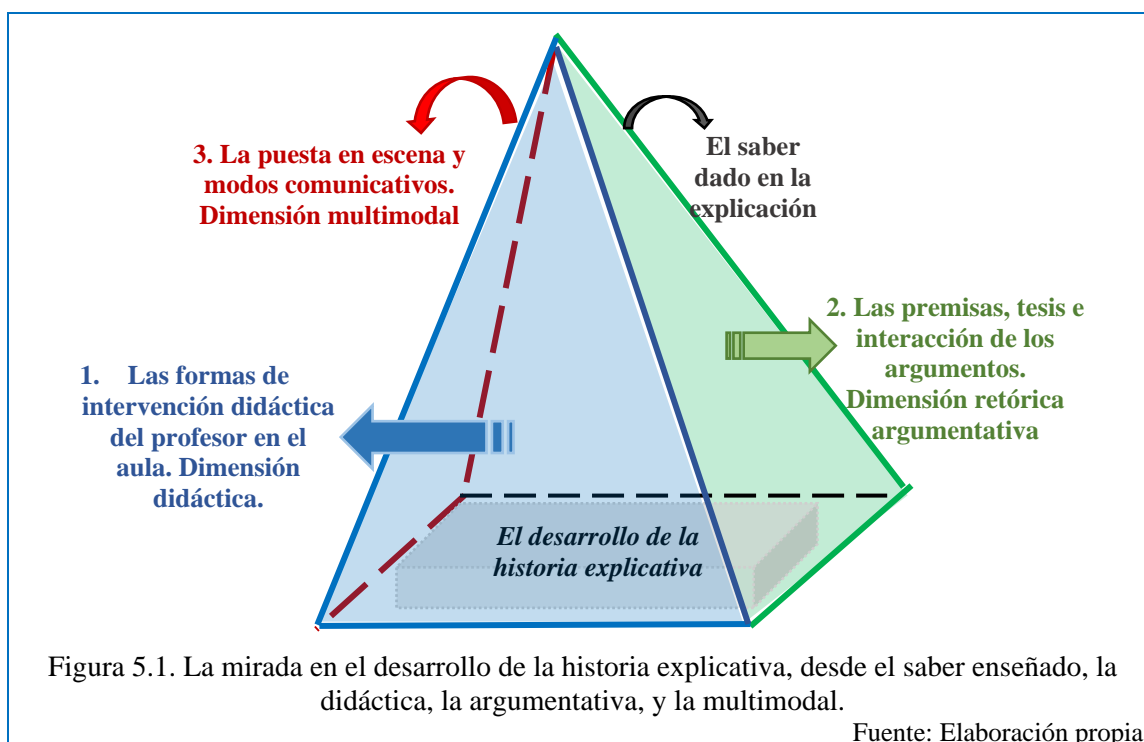
En este primer capítulo de análisis, se presenta la selección de las historias explicativas para esta investigación, que quizás pudo ser seleccionado de manera aleatoria, pero que de alguna manera su selección tiene un fundamento didáctico.

5.1.1 La mirada a la historia explicativa

La historia explicativa en sí es una estructura que sirve de herramienta didáctica presentando el *saber enseñado* y la organización del tiempo en la construcción de significado. Esta estructura

sirvió de base para presentar las unidades didácticas que condensan los análisis en la búsqueda de información descriptiva de la explicación del profesor de física.

Las unidades didácticas que conforman los capítulos siguientes, parten de la mirada de la historia explicativa que puede ser representada en forma de pirámide como se muestra en la figura 5.1. La figura tiene como base el desarrollo de la historia explicativa, y aristas que representan la información proporcionada por la historia explicativa: el saber enseñado del profesor y las proporcionadas por cada una de las tres dimensiones de análisis que conforman las categorías básicas del estudio. Para la investigación, cada historia construida, se analizó según la mirada de: el saber enseñado, la visión didáctica, la visión retórica argumentativa y la multimodalidad en el desarrollo de la explicación. Tales cuestiones dieron forma a la visión para el diseño de los capítulos de caracterización de la historia explicativa.



5.1.2 Las categorías de análisis para las secuencias didácticas.

Las categorías de análisis desde la visión didáctica de la construcción de la estructura de los contenidos de enseñanza, se fundamentó desde la investigación educativa, en el modelo de reconstrucción educativa presentado por Duit (2007), específicamente en el análisis de la

estructura de los contenidos, para obtener *las estructuras explicativas como unidades didácticas que sirvan para los propósitos de esta investigación*. Las categorías se presentan en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Dimensión 1. Categorías de análisis socio didáctico comunicativas. La construcción didáctica de la explicación

La construcción de la unidad didáctica: Cómo se caracteriza y segmenta la secuencia explicativa para seleccionar aquellas historias que constituirán las unidades didácticas		
La construcción de los saberes. <i>Caracteriza las secuencias de las explicaciones en función del discurso del profesor y el contexto educativo (currículo, posiciones académicas, entre otras)</i>	Según el saber enseñado, el tiempo dedicado por los profesores y el contexto educativo <i>¿Cómo se desarrolla la secuencia de explicaciones?</i>	<i>El saber dado.</i> ¿Cuál es la estructura de los contenidos dados por el profesor, siguiendo el orden de su explicación? <i>El saber situado.</i> ¿Cómo son los saberes que organiza el profesor? Con respecto a situaciones particulares, que hacen que la estructura de los contenidos sea interesante de estudiar <i>El saber enseñado y el currículo.</i> ¿Cómo se organiza el contenido curricular dentro de las explicaciones de cada profesor? y ¿cuál es el orden llevado en el tiempo? aspectos comparados, tomando una referencia: el programa curricular, el cronograma con la distribución de tiempos, y otros.
La estructura didáctica <i>Caracteriza el diseño de las unidades didácticas según la secuencia y orden esperado de una clase y según la combinación de discursos.</i> <i>(se toman en cuenta criterios resultantes del análisis de la categoría anterior)</i>	Según los discursos de los profesores. <i>¿Cómo se estructura la unidad didáctica?</i>	<i>La historia individual.</i> Una secuencia de segmentos explicativos que pertenecen a un mismo profesor. <i>La historia construida.</i> Una secuencia de segmentos explicativos que pertenecen a la combinación de varios profesores.
	Según las partes que forman la explicación. <i>¿Cómo se clasifican los contenidos, según los propósitos del profesor al construir la historia?</i>	<i>Introducción.</i> La apertura del tema, integración intelectual y emocional de la audiencia al desarrollo de la historia y explorar la visión del estudiantado <i>Definición y características.</i> (desarrollo teórico) Introduce y desarrolla la narración científica. Creando los significados científicos. Mantiene el desarrollo de la narración científica. <i>Ejemplo.</i> Presenta las premisas que llevan a la definición del concepto. Guiar a los estudiantes para trabajar con las ideas científicas y su internalización. <i>Resolución de problemas.</i> Aplicación de la visión científica. Guía al estudiante a aplicar el significado científico enseñado y extrapolarlo en un rango de contextos.

Fuente: Elaboración propia

El análisis presentado aquí, parte de las explicaciones recopiladas de los tres profesores, que corresponden a periodos de cinco horas académicas cada uno. Desde esta base inicial se obtuvo

las historias para esta investigación. Para ello, se plantearon responder a algunas de las preguntas centradas desde la visión didáctica de la secuencia de enseñanza: ¿de qué hablan los profesores? ¿cómo seleccionar los segmentos explicativos? ¿Cómo seleccionar las historias, a partir de los segmentos seleccionados? En fin, se obtienen las historias explicativas que constituyeron la base de las siguientes etapas de análisis.

Los objetivos perseguidos, según el capítulo uno, quedaron clasificados de la siguiente forma:

A. Desde la didáctica social y comunicativa del profesor. Caracterizar los elementos didácticos utilizados por el profesor en la explicación, para desarrollar su historia explicativa, a partir de:

1. Identificar elementos característicos en las secuencias de explicaciones de cada profesor según el orden temático y las pautas curriculares. (objetivo A-1 del capítulo 1)
2. Identificar elementos característicos respecto a la organización y distribución del tiempo en las secuencias de explicaciones de cada profesor.
3. Caracterizar los segmentos temáticos que dirigen la secuencia de explicaciones para los tres profesores.
4. Identificar criterios para *seleccionar* los subtemas considerados interesantes para desarrollar como historias, en la construcción de las historias.
5. Seleccionar los segmentos que formaran las historias, según los objetivos de la investigación.
6. Obtener las estructuras de las unidades didácticas de la investigación, a partir de los segmentos seleccionados y las partes que forman la explicación.

Estos objetivos antes mencionados, se realizan para cumplir con el objetivo A-2 del capítulo 1.

La idea era que, a partir de la identificación de cada secuencia de explicación de los profesores, se pudiera analizar para presentar la información sobre ¿cuál es el *orden temático*, que lleva cada profesor en el tiempo?, ¿cuál es el *orden en el tiempo*, de la explicación del profesor?, para luego clasificar estas secuencias por segmentos de explicación de forma que ayudaran a proporcionar información sobre ¿cuáles son *los subtemas* que son interesantes para desarrollar como historias? ¿cuáles *segmentos de explicación seleccionar* de cada profesor, en la construcción de las historias?

5.1.3 La presentación del análisis.

Para cumplir con los objetivos del capítulo, se seleccionó la siguiente organización:

1. Las secuencias de las explicaciones. En este apartado se identifican los contenidos de las secuencias para cada profesor a nivel macro.
2. La segmentación de las explicaciones de los tres profesores por tema. Se presentan las pautas académicas (programa y cronograma curricular) y a partir de esta base se caracteriza el orden seguido por los profesores en su explicación y se realiza una clasificación inicial para presentar de forma comparada las tres secuencias explicativas.
3. La distribución del tiempo en las explicaciones de los tres profesores. Se realiza un análisis comparado, y se presenta, usando colores para identificar temas, la distribución de la explicación de los tres profesores, a lo largo del tiempo.
4. Las unidades didácticas. De las características observadas en las secuencias explicativas, se presentan criterios para seleccionar los temas de las unidades didácticas, se presenta el diseño de las estructuras que formaran las unidades didácticas y se seleccionan las historias explicativas que formaran parte del ensamble de las unidades didácticas de la investigación.
5. Las unidades didácticas y su desarrollo dimensional para la investigación. Presenta el diseño de las unidades didácticas y la dimensión analítica, que conforman los capítulos siguientes.

5.2 La secuencia de las explicaciones.

Se partió de las construcciones explicativas desarrolladas durante periodos de tiempo considerados amplios, que pertenecen al análisis macro, haciendo referencia a la distinción dada en la metodología, sobre la duración en el tiempo dedicados a la explicación analizada. Para ello se dispuso de tres tablas que muestran todo el contenido de las explicaciones de los tres profesores participantes en el estudio, y los tiempos dedicados a cada uno de ellos que visto de forma global corresponden al nivel macro. En tales tablas, cuya estructura se encuentra descrita en la metodología, se pueden observar en las primeras columnas los temas de las explicaciones

y estos a su vez se subdividen describiendo un poco más el contenido; siempre colocados en el orden dado por el profesor y el intervalo de tiempo que abarca. Todo ello para obtener la continuidad real de las lecciones, tomando información sobre el desarrollo de la explicación en el tiempo y por contenido.

Se obtuvo en total tres grandes muestras de las explicaciones, una de cada profesor. Cada uno, abarcan períodos de 150, 400 y 300 minutos aproximadamente, subclasificados por temas. Un tema representa un contenido científico desarrollado durante un intervalo de tiempo largo dado en las aulas, y se relaciona a contenidos que se van construyendo con las explicaciones de los profesores y que tienen una unidad, pero que pueden comprender diversas sesiones de clases, se acercaría a lo que tradicionalmente se ha llamado lección. A continuación, se describen las secuencias explicativas de los profesores.

5.2.1 La explicación de Laura

Laura ha realizado dos clases anteriores, la primera con presentación general de la asignatura y la segunda donde introduce las propiedades de la carga eléctrica y los conceptos de fuerza eléctrica y campo eléctrico, para sistemas con cargas puntuales y distribución continua de cargas aplicando la ley de Coulomb. En la tabla 5.2, se muestra el contenido de la explicación, registrado a partir de la tercera clase. Inicia con el concepto de líneas de fuerza y sus propiedades, presenta un ejemplo con cargas eléctricas en pizarra usando colores, a este bloque se le identificó como “campo eléctrico” ya que está construyendo significado al campo con las líneas de fuerza.

Laura, a continuación, pasa al siguiente bloque de la explicación: la resolución de problemas utilizando la ley de Coulomb para distribuciones de carga uniforme, realiza tres ejercicios de cálculo de campo eléctrico generado por: el disco, el plano y el cilindro; destaca el disco con el desarrollo en pizarra con dibujos y colores, y en el plano el dibujo de las líneas de campo. Luego, viene otro bloque teórico de campo eléctrico, explicando movimiento de cargas en campo uniforme donde al final explica el funcionamiento del osciloscopio, luego presenta el concepto de momento dipolar eléctrico, graficando análisis de fuerzas que interactúan sobre el dipolo eléctrico inmerso en un campo uniforme y discute al final concepto y diferencias de equilibrio estable e inestable.

Tabla 5.2. Secuencia de las clases de la profesora Laura.

PROFESORA
LAURA

CLASE 3 (CINTA #3- L) 2 :20 a 5:20 pm		
TEMA	(min)	SECCIONES DEL TEMA
CAMPO ELÉCTRICO	20	2:20 -2:50 <i>Líneas de Fuerza o Líneas de Campo Eléctrico</i> .Definición -Propiedades
	10	Ejemplo * (pizarra)
CAMPO ELÉCTRICO Resolución de Problemas	40	2:50 -3:34 Disco Cargado * (pizarra)
	20	3:34-3:52 Plano infinito (3:46- <i>Líneas de campo..</i>)
	15	3:52-4:04 cilindro(como evalúa al final)
CAMPO ELÉCTRICO	20	4:04 Se lanza una carga en un E uniforme. (4:05 campo uniforme- <i>líneas de campo</i>) Funcionamiento Osciloscopio
CAMPO ELÉCTRICO	30	4:24 Momento Dipolar Eléctrico. Análisis de fuerzas 4:42(<i>grafica y nombra Líneas</i>)
	10	Interacc. estud. equilibrio estable -inestable
CARGA ELÉCTRICA	6	5:03 -5:17 Métodos de carga -Inducción
	8	Ejemplo de carga
	170min	

CLASE 4 (CINTA #4- L) 2:22 a 5:00pm		
TEMA	(min)	SECCIONES DEL TEMA
FLUJO ELÉCTRICO	10	(2:22-2:32)Introducción Teoría Flujo Eléctrico *(FE)
	5	(2:33-2:38) FE No Uniforme y Superficies No plana
	20	Ejemplo de Ilustración: un Hemisferio (2:39-3:00)
	10	(3:00-3:11) superficie cerrada y retoma el ejemplo anterior... colocando una tapa
	4	(3:12 -3:16) síntesis de FE en sup. Cerrada
	15	(3:16- 3::30) trabaja la teoría (propiedades del FE) expresión de FE
Cambio de cinta	8	(3:30-3:38) ejemplo del cubo. Desarrollando la visión y comprensión
	3	(3:38-3:41) Continúa el ejemplo. es la parte matemática
LEY DE GAUSS 3:40-350	10	3:39.....el FE en una S cerrada y el CE se relacionan a través de <i>Ley de Gauss</i> (3:41-3:50) para qué se utiliza la LG?
LEY DE GAUSS Aplicación	8	(3:50-3:58) determinar E(r) en Esfera conductora con carga (4min)Aclara/ diferencia; (4min)retoma el ejemplo
	6	** (3:58-4:04) refuerza <i>Líneas de fuerza y campo eléctrico</i>
	20	(4:04-4:22)retoma el ejemplo
	16	(4:23-4:39) comprobar que el campo eléctrico es cero dentro del conductor.
Texto de lo cotidiano	3	(4:39-4:42) no se deben arrastrar los cables (descarga por efecto corona)
	1	4:42 retoma el ejemplo anterior..
LEY DE GAUSS Conductores en equilibrio	10	4:43-4:52) Equilibrio electrostático. Propiedades
	7	4:52-5:00) Cont... con una cavidad..cómo se distribuye la carga?..
	166min	

Fuente: Elaboración propia

Antes de terminar la clase Laura explica un tópico de carga eléctrica, que quedó pendiente, de la clase anterior, métodos para cargar un material, realizando un ejemplo con colores en la pizarra. Este bloque representa cuatro horas académicas dentro del horario de los estudiantes. En su cuarta clase, Laura inicia un bloque extenso con el tema de “flujo eléctrico” hasta enunciar la “ley de Gauss”. Introduce el concepto de flujo eléctrico usando primero superficies abiertas, con el ejemplo de superficie plana, luego superficie no plana, desarrolla ampliamente un ejemplo en la pizarra con la mitad de un cascaron esférico; y luego cerrando la superficie. Realiza un cierre conceptual del flujo eléctrico y utiliza un cubo como superficie de ejemplo.

En el bloque de “ley de Gauss” igualmente extenso como el bloque anterior, introduce a la ley de Gauss, resuelve aplicaciones del cálculo del campo generado por una esfera no conductora retomando la relación entre líneas de fuerza y campo eléctrico. Para completar, presenta las propiedades de conductores en equilibrio electrostático.

5.2.2 La explicación de Montse

Montse ha realizado una clase anterior al registro, con la presentación inicial del curso, introduce la carga eléctrica para la cual ha mandado una tarea de conductores y aislantes, y presenta la ley de Coulomb para el cálculo de fuerza y campo eléctrico. En la tabla 5.3, se muestran las explicaciones registradas a partir de la segunda clase. Inicia con un bloque de carga eléctrica, donde retoma la clase anterior y desarrolla las propiedades de la carga eléctrica basado en una demostración usando dos trozos de poliespán y un escarpe/barrita plástica, luego a través de transparencias presenta formas de cargar a un material, y presenta a Coulomb con el experimento de la máquina de torsión y la expresión matemática.

El segundo bloque de la segunda clase es de resolución de problemas de fuerza entre cargas eléctricas puntuales. Luego realiza un bloque de campo eléctrico con resolución de problemas en cargas puntuales, finalizando con un ejercicio de cargas puntuales, planteado como una tarea.

En la tercera clase Montse realiza un bloque extenso de campo eléctrico: explicando a partir del concepto de campo eléctrico, la expresión para distribución continua de cargas, luego introduce el concepto de líneas de campo y por último presenta el concepto de momento dipolar. Luego inicia un bloque de resolución de problemas de campo eléctrico: generado por un plano, usando una varilla como diferencial de carga, y da una sección de líneas de fuerza en planos cargados.

Tabla 5.3. Secuencia de las clases de la profesora Montse.

PROFESORA
MONTSE

MONTSE -CLASE 2 (CINTA #2- D) 10:20 a 12:45 pm		
TEMA	(min)	SECCIONES DEL TEMA
CARGA ELÉCTRICA	30	10:20 Organiza y conecta proyector y laminas 10:24-10:28 Ejemplo del cotidiano. El cuerpo humano es un conductor. 10:28 saca libro y rotulador-inicia características de la carga (11min aprox) 10:32 Transparencias, carga por frotamiento 10:33 -10:37 Ojo: demostración con péndulo poliespán y varilla de plástico.
		10:39-10:46 transparencia carga de conductores 10:46- 10:50 transparencia - péndulo de torsión -Fuerza Coulomb
CARGA ELÉCTRICA Resolución Problemas	52	10:50-11:42 Calculo de Fuerza eléctrica. 10:50-11:00 Barra finita y carga puntual alineada. (10min) 11:00-11:14 Barra con densidad variable (14min) 11:15-11:26 Dos péndulos (12min) 11:27-11:42 tres cargas, hallar la distancia... donde la fuerza es max. (15min) 11:42 INTERACCION una pregunta
CAMPO ELÉCTRICO Resolución Problemas	60	11:45-12:00 Campo eléctrico 12:00-12:10 Ejercicios de cargas puntuales. 12:11-12:13 repaso -12:13-12:41 ejercicio de cálculo del E. 12:43 tarea: cuatro cargas positivas en vértices de un plano cuadrado, calcular campo sobre el eje perpendicular al plano q pasa por su centro ...usa un papel y el rotulador como eje
142 min		

MONTSE -CLASE 3 (CINTA #3- D) 10:16 a 1:16 pm		
TEMA	(min)	SECCIONES DEL TEMA
CAMPO ELÉCTRICO	40	10:16-10:26 CE para una carga puntual. 10:21-10:26 Distribución continua de carga. Densidad de carga eléctrica. (10min)
		10:29-10:37 Líneas <i>campo eléctrico</i> . Dibujo. 10:38-10:40 dibujo con dos cargas +- (Pere) (11min)
		10:41-10:54 CE por un dipolo. 10:54-10:58– momento dipolar eléctrico (18min)
CAMPO ELÉCTRICO R. Problema	43	10:58- 11:30 CE por un plano cargado (11:07-11:08 varilla como diferencial) 11:30- 11:41 <i>líneas de campo en sistema de tres planos:</i> (=Laura)
CAMPO ELÉCTRICO	50	11:41-11:50 Mov. de una partícula, E uniforme. 11:50-11:55 Osciloscopio diseño 11:55-12:02 ejemplo. 12:02-12:22 Dipolo eléctrico. Energía, torque. 12:22-12:31 Dibujo dipolo en CE no uniforme
FLUJO ELÉCTRICO	30	12:31- 12:35 borra las dos pizarras. Imaginen que están en un río Cabriales. 12:35 -12:38 un <i>arito</i> en el Amazonas.
		12:38 – 12:45 Flujo eléctrico FE. 12:43-46 Superficie irregular -Sup. gaussiana. 12:47-12:53 FE debido a una carga puntual 12:54-12:58 Dipolo y Ley de Gauss
165 min		

MONTSE -CLASE 4 (CINTA #4- D) 10:20 a 1:10 pm		
TEMA	(min)	SECCIONES DEL TEMA
CARGA ELECTRICA	11 repaso	(10:18-10:24) C.E carga puntual (repaso). 10:24-10:29 dipolo
FLUJO ELÉCTRICO	44	10:29 flujo eléctrico -10:36-10:38 papel en la mesa simula dibujo en la pizarra 10:47 superficie gaussiana 10:57 enuncia la ley de gauss
LEY DE GAUSS Resolución de Problemas	25	11:13 esfera no conductora
	30	11:38 cascaron esférico
	10	12:08 E varilla cargada
	13	12:18 plano cargado** (selección SG) usa rotulador y papel = cilindro
	20	12:31-12:50 conductores en equilibrio electrostático - propiedades
	20	12:50-1:10 Problema sistema: esfera maciza no conductora y cascaron conductor concéntrico
170 min		

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente inicia otro bloque de campo eléctrico: para explicar movimiento de cargas en campos uniformes, el funcionamiento del osciloscopio, momento dipolar eléctrico con el concepto de energía y torque en un dipolo, para campo uniforme y al final dibuja el caso de campo no uniforme. En el último bloque de la tercera clase, borra las dos pizarras, e inicia el tema de flujo eléctrico y ley de Gauss. Inicia, llamando a la imaginación de que están en un río, utiliza recurso de un aro en el Amazonas para introducir el concepto de flujo. Luego utiliza el plano, superficie irregular, ejemplo de flujo y el dipolo para llegar a la ley de Gauss.

La cuarta clase de Montse, se dividió en tres bloques: el primer bloque de carga eléctrica, con un repaso rápido de campo eléctrico y dipolo. El segundo bloque, para repetir nuevamente flujo eléctrico, superficies cerradas, y ley de Gauss. El tercer y gran bloque es de resolución de problemas usando la ley de Gauss para determinar el campo eléctrico generado por elementos no conductores con carga: esfera maciza, cascaron esférico, varilla infinita, plano infinito. En este bloque hay un intermedio teórico para dar conductores en equilibrio electrostático, y continua la resolución de problemas con sistemas mixto: conductor-no conductor, en este caso una esfera maciza no conductora dentro de un cascaron conductor.

5.2.3 La explicación de Pere

Pere ha realizado una clase anterior al registro, con la presentación inicial del curso, la carga eléctrica, la ley de Coulomb para el cálculo de fuerza y el campo eléctrico. En la tabla 5.4, se muestran las explicaciones registradas a partir de la segunda clase, clasificada en cuatro bloques, el primer bloque de carga eléctrica, donde Pere retoma de forma rápida lo dado en clase anterior y lo ubica en un contexto de la Física más amplio como “la ciencia que estudia la naturaleza en base a un conjunto de interacciones específicas”, se observa el uso de un mayor vocabulario científico como la materia oscura y la teoría unificada de los campos.

El segundo bloque es de resolución de problemas de campo eléctrico, con dibujos de gran claridad en la pizarra con vectores unitarios, realiza la barra, hace una pausa, el plano, el anillo usando colores, el disco y la arandela. En este bloque realiza intermedios, para organizar con el libro, tareas de ejercicios a los estudiantes. Pere hace una pausa larga mientras los estudiantes terminan de discutir la organización de la tarea con sus compañeros de equipo. Luego de esto, retoma la clase para iniciar el tercer bloque, flujo eléctrico, destaca el uso del plano, un

hemisferio como ejemplo de superficie no plana, el dipolo hasta llegar a presentar la ley de Gauss.

Tabla 5.4. Secuencia de las clases de la profesora Pere.

<p>PROFESOR PERE</p> <p>Nota: El Profesor Pere añade otra dinámica que no fue registrada en vídeo, él tiene una sesión de clases extra, con el mismo horario, donde los alumnos realizan ejercicios asignados. Es como una consulta grupal.</p>	PERE 2 CLASE (CINTA #2-R) 7:10 a 9:30pm		
	TEMA	(min)	SECCIONES DEL TEMA
	CARGA ELÉCTRICA	7	7:20 Repaso- Texto de forma cotidiana: materia oscura/teoría unificada de los campos.
	CAMPO ELÉCTRICO Resolución de Problemas	7	7:27 cálculo de campo eléctrico producido (7:28-7:34) una barra (muy buen trabajo sobre los dibujos)
		7	(7:36-7:43) otra configuración de la barra (en 7:38 se resalta que no usa LF sino vectores unitarios.)
		7	(7:45-7:52) Pausa
		4	(7:52-7:56) plano
		20	(7:56-8:14) un anillo (8:14-8:16) coloca el punto en el espacio con colores!!
		12	(8:16-8:17) aproximaciones. consulta los problemas del libro (8:18-8:28) Disco y de allí va plano infinito.
		6	(8:34) arandela
	FLUJO ELÉCTRICO	20	8:38 Los estudiantes están distraídos hablando en grupos, debido a una tarea de ejercicios propuestos) (pausa larga) Flujo Eléctrico. (¡Introduce "línea de campo" como algo conocido, no lo define!!) 8:40 Flujo con cualquier campo 8:48 dibuja un hemisferio coloca la expresión para flujo en superficie abierta 8:52-8:53 superficie cerrada ("voy a recordar las líneas de CE") 8:56-8:58 dibujo dipolo para FE (igual que Montse) 8:58 retoma y llega a la ley de gauss
	LEY DE GAUSS Aplicación	15	9:00 Analogía- relaciona el concepto de flujo con una salida de agua por una piscina, lo dibuja (9:02-9:12) Campo eléctrico de una carga puntual. dibujo/movimiento de brazos 9:13 plantea problemática de la física: <i>¡tómela como un reto!</i>
		105 min	
	PERE 3 CLASE		
	TEMA	(min)	SECCIONES DEL TEMA
	LEY DE GAUSS Aplicación (7:15-8:00am)	40	Proceso de inducción eléctrica dibujo de una carga dentro de un cascaron (7:21-7:30) Ley de Gauss gran pausa, preguntan sobre la densidad volumétrica. (7:39-7:48) retoma el ejemplo (7:50-7:53) campos uniformes (LCE) (7:53-7:58) retoma 7:58 POTENCIAL ELECTRICICO
		145 min	

Fuente: Elaboración propia

En el cuarto bloque de ley de Gauss, Pere realiza una analogía de flujo eléctrico, apoyándose en dos sistemas: el dipolo y una piscina, luego una aplicación de la ley de Gauss para una carga puntual con un buen desarrollo del dibujo y movimiento de brazos. Plantea la problemática de la Física, que hay que tomarla como un reto. Pere detiene la clase para hacer una pausa y tomarse un café. Al retornar, Pere no da clases con tema, sino que atiende a los estudiantes que le solicitan consulta sobre las tareas de ejercicios.

En la tercera clase de Pere, inicia un bloque que se ubicó en aplicación de la ley de Gauss. Pere, inicia con la inducción eléctrica, y las *propiedades de los conductores en equilibrio electrostático*, un ejemplo una carga dentro de un cascaron. Luego hace un intermedio teórico para explicar *campos uniformes con buen desarrollo de dibujos en la pizarra*. Y comienza la siguiente unidad de Potencial eléctrico. En el registro de las clases de aula de Pere, se destaca que el profesor tomo un día adicional, en la misma aula y dentro del mismo horario, con cuatro horas académicas disponibles para todos los estudiantes. En este día, los estudiantes pasan por equipo, a resolver en la pizarra, los ejercicios de la tarea. Este apartado no fue registrado ya que el estudio estaba centrado inicialmente en las explicaciones del profesor.

5.3 La segmentación temática de la explicación de los profesores.

Para el estudio era importante mantener el desarrollo de la historia que construye cada profesor a lo largo de las sesiones de clases, de las que una característica a observar es la *continuidad* en la explicación. Se partió de la noción de continuidad usada por Badreddine y Buty (2011, p. 778) (leer: Lopes, Silva, Cravino, Santos, Cunha, Pinto, Silva, Viegas, Saraiva y Branco, 2014, Badreddine, 2011) que se refiere a la continuidad en la construcción de la evolución de los significados a lo largo del tiempo través de la interrelación entre las distintas partes del discurso explicativo, buscando la coherencia entre los significados desarrollados y presentados en el pasado y en el presente. Se comparte la idea que los significados atribuidos a un contenido que se enseña en un momento particular evolucionan a lo largo de una secuencia de diversos episodios de clase o entre clases distintas.

Para analizar el orden temático se presentan:

- 🚦 Las pautas del programa curricular, que incluye el programa curricular y el cronograma

- ✚ El orden temático del profesor de forma individual, donde se analiza el contenido temático de la explicación de cada profesor, comparado con las pautas del programa.
- ✚ El orden temático de los tres profesores, donde se presentan las explicaciones de los tres profesores de forma comparada.

5.3.1 Las pautas del programa curricular.

Las actividades académicas están regidas por ciertas pautas, programas, cronogramas, horarios, fechas de evaluaciones, fechas de entrega de notas. El profesor tiene como base estas directrices, que junto a la visión del profesor y la dinámica del aula; dan como resultado las secuencias explicativas.

El propósito de este análisis fue observar la continuidad o discontinuidad en el discurso, refiere al modo en que los diferentes tópicos emergen. Cada vez que el profesor introduce un tópico nuevo, se produce una discontinuidad en el discurso y se construye una nueva plataforma para la elaboración textual; por otro lado, cuando el hablante toma y expande un tema que está en desarrollo, se observa continuidad discursiva, con desplazamientos hacia la meta comunicativa Palmira (2000).

En la figura 5.2 se presenta, el contenido programático para el momento de las explicaciones, donde se resalta con un recuadro, el contenido de las explicaciones al inicio del programa. Aparte, se realiza un cronograma que presenta el contenido del programa, repartido en horas académicas, que sirven de guía al profesor de cómo ordenar y repartir los temas en el tiempo.

La tabla 5.5 contiene el cronograma de la materia para un semestre regular, de cuatro horas a la semana. En la primera columna del cronograma, se muestran las sesiones de clases, de cuatro horas académicas cada una; es decir, que en un semestre normal abarcaría una sesión por semana. En la segunda columna se presenta la descripción de los tópicos a tomar en cuenta para la clase. Este cronograma es una guía, los profesores hacen modificaciones sobre el orden; por ejemplo, es común que la clase de ejercicio es separada y repartidas entre sesiones según el tópico



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
VALENCIA - VENEZUELA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



PROGRAMA SINÓPTICO						
DEPARTAMENTO Y/O CÁTEDRA:		FÍSICA	REQUISITOS:		MA2B03 - FI2B01	FECHA: 01/2003
ÁREA DE FORMACIÓN:		CIENCIAS BÁSICAS	CARÁCTER:		OBLIGATORIO	
CÓDIGO	ASIGNATURA	T	P	L	HT	UC
FI3B02	FÍSICA II	2	2	0	4	3.00

JUSTIFICACIÓN:
La asignatura se inserta en la formación básica general que todo Ingeniero debe poseer en el área específica de la Física: Las interacciones electromagnéticas de los cuerpos. El lenguaje técnico utilizado y conocimientos que proporciona, serán la base para interactuar con especialistas en el área y para seguir cursos más avanzados.

OBJETIVOS GENERALES:
El estudiante podrá: Formular modelos simples que permiten aplicar los conceptos y principios básicos de la teoría electromagnética clásica en la descripción de las interacciones electromagnéticas reales considerando las limitaciones de estos modelos. Describir las aplicaciones más comunes del electromagnetismo tanto en el campo de la ciencia y tecnología como en la vida moderna cotidiana. Utilizar un lenguaje tanto verbal, como matemático y gráfico, que le permita comunicar claramente los conceptos, leyes y aplicaciones contenidos en el curso.

CONTENIDOS:
UNIDAD I. Carga eléctrica-campo eléctrico. 1. Carga eléctrica e interacción electrostática. Principio de conservación de la carga eléctrica. Cuantización de la carga., 2. Conductores y aislantes: Nociones básicas, acorde con la teoría atómica de la materia carga por fricción y por inducción. 3. Carga puntual. Distribuciones discretas y continuas de carga: Densidades lineales, superficiales y volumétricas de carga eléctrica. 4. Ley de Coulomb: Expresión vectorial. 5. Aplicación de la ley de Coulomb en el modelo de distribuciones continuas de carga. 6. Campo eléctrico. Líneas de fuerza. 7. Ejemplos de cálculo del campo eléctrico en sistemas discretos y continuos de carga. 8. Dipolo eléctrico: Líneas de fuerza. Interacción del dipolo eléctrico con un campo eléctrico uniforme.
UNIDAD II. Ley de Gauss. 9. Flujo del campo eléctrico. 10. Ley de Gauss. 11. Aplicación de la ley de Gauss en modelos de distribuciones infinitas de carga: Filamentos rectos infinitos, planos infinitos uniformemente cargados y distribuciones infinitas de simetría cilíndrica. 12. Conductores cargados en condición electrostática. **UNIDAD III. Potencial eléctrico.** 13. Diferencia de potencial. Potencial eléctrico. Superficies equipotenciales, potencial en conductores. 14. Cálculo del potencial eléctrico mediante integral de línea del campo en algunas distribuciones de carga. 15. Ejemplos de cálculo del potencial eléctrico producido por algunas distribuciones continuas de cargas, mediante integración del potencial. 16. Potencial eléctrico y energía potencial electrostática. 17. Cálculo del campo eléctrico a partir del potencial eléctrico. **UNIDAD IV. Capacidad eléctrica- condensadores.** 18. Condensadores. Capacidad eléctrica. 19. Capacidad eléctrica de: Condensador de placas planas y paralelas, condensador esférico y condensador cilíndrico. 20. Capacidad equivalente. Condensadores en serie y en paralelo. 21. Dieléctricos. Ejemplos. 22. Comportamiento de un dieléctrico en un campo eléctrico. Carga de polarización. 23. Constante dieléctrica de un material. 24. Ley de Gauss en dieléctricos. 25. Energía potencial eléctrica almacenada en un condensador. 26. Densidad de energía potencial eléctrica asociada al campo eléctrico. 27. Carga eléctrica inducida en un dieléctrico. Tres vectores eléctricos. Ley de Gauss en términos del vector de desplazamiento. **UNIDAD V. Circuitos eléctricos.** 28. Corriente eléctrica, portadores de carga, velocidad de arrastre, densidad de corriente. 29. Descripción

Figura 5.2. Sinóptico del programa curricular de Física II de la Facultad. de ingeniería- Universidad de Carabobo- Venezuela (año 2003).

Tabla 5.5. Cronograma de las sesiones de clases sobre electrostática para un semestre ordinario

<i>Clase (4h c/u)</i>	CRONOGRAMA DE LA CATEDRA DE FÍSICA II
<i>Contenido organizado por semanas en un semestre regular</i>	
1	Inicio: charla de bienvenida, presentación del contenido programático de la asignatura y plan de evaluación. Unidad I: Carga eléctrica y campo eléctrico. Introducción. Carga Eléctrica. Características. Tipos de materiales: Conductores-Aisladores. Fuerza gravitatoria vs Fuerza eléctrica. Formas de cargar un material: inducción, conducción. Ley de Coulomb. Cálculo de Fuerzas eléctricas entre partículas cargadas. Campo eléctrico generado por un sistema de cargas discretas.
2	Líneas de campo eléctrico - propiedades. Líneas de campo eléctrico para diversas configuraciones. Campo eléctrico para distribución continua de cargas, densidad de carga. Cálculo del campo generado por: barra – anillo -disco - plano. Cálculo de la Fuerza eléctrica a partir del campo. Movimiento de cargas eléctricas en un campo eléctrico. Aplicaciones: osciloscopio. Dipolo eléctrico. Energía de un dipolo. Análisis dinámico. Dipolo eléctrico en campos no uniforme.
3	Unidad II: Ley de Gauss. Flujo eléctrico. Ejemplos (Plano, Cilindro, Cascarón semiesférico) Carga puntual y Ley de Gauss. Superficie Gaussiana. Ley de Gauss para el campo eléctrico. Aplicaciones para aisladores cargados. Conductores en Equilibrio Electrostático. Problema 1: Determinación del Campo eléctrico $E(r)$ para un sistema formado por dos elementos esféricos o dos cilíndricos (conductor-no conductor). Ley de Gauss vs Ley de Coulomb.
4	Unidad III: Potencial eléctrico. Potencial eléctrico y Energía Potencial Eléctrica. Fuerzas conservativas-propiedades. Potencial eléctrico y energía potencial para cargas puntuales. Propiedades de las superficies equipotenciales. Determinación del campo eléctrico a partir del Potencial. Gradiente de potencial. Cálculo del Potencial para una distribución continua de carga. Potenciales y campos eléctricos que rodean a los conductores. Problemas. Lecturas: Experimentos de Millikan –Van de Graaff – xerografía.
5	Problemas: Ley de Coulomb: 1. Barra, Anillo (Campo, Fuerza y potencial) 2. Ley de Gauss: Simetría esférica – simetría cilíndrica conductor-no conductor- gráfica Campo eléctrico – grafica Potencial -3. Ejercicios de análisis gráfico/conceptual: líneas de campo, campo eléctrico, diagrama de cuerpo libre, fuerzas, campos, potenciales eléctricos, energía potencial, trabajo realizado.

Fuente: tomado de las pautas realizadas para el departamento de física.

Del cronograma mostrado en la tabla 5.5, las tres primeras semanas y la quinta semana de ejercicios, abarcan las actividades con los temas hasta completar la ley de Gauss. A continuación, se presenta el análisis de las secuencias explicativas de los profesores tomando en cuenta, al compararlo con el programa curricular y de esas cuatro sesiones siguiendo el cronograma asignado por el departamento de Física.

5.3.2 Orden temático curricular en la explicación de cada profesor

Al comparar los contenidos de las explicaciones de los profesores (tablas 5.2, 5.3 y 5.4) con el cronograma, se observó que, aunque realizan algunos intermedios fuera del “orden” no se pierde

la secuencia temática, se puede decir que los tres profesores mantienen de forma general los contenidos y el orden dado. Comparando el cronograma con las tablas de las explicaciones de los profesores se observó:

Respecto a las sesiones de clases,

1. La primera sesión de clase no está registrada en los profesores. Los registros de las explicaciones de los tres profesores comienzan a partir de la segunda sesión de clases del cronograma. Por lo que se registran de dos a tres sesiones de clases hasta terminar ley de Gauss.
2. La sesión de problemas dados por el profesor no existe como tal, sino que está integrada en el contenido de las explicaciones de cada unidad. Adicionalmente, el profesor Pere tiene una dinámica diferente con ejercicios resueltos por sus estudiantes en el aula.
3. *La profesora Laura* sigue el orden programático y lo desarrolla al detalle, sin dejar tópico por fuera. La segunda sesión la inicia con las líneas de campo y finaliza con dipolo eléctrico, tal cual se encuentra en el cronograma. Para la tercera sesión destaca de los otros dos profesores, el desarrollo de flujo eléctrico agregando ejemplos de cálculo de flujo para un semi-hemisferio, un cubo y realiza una mayor discusión teórica de la ley de gauss. La tercera sesión termina con la teoría de conductores en equilibrio, siendo el tiempo insuficiente para problemas con conductores; por lo que requiere de otra sesión para la resolución de problemas.
4. *La profesora Montse* repite en cada sesión lo dado en la anterior, y es la única que utiliza proyector u objetos de demostración en el aula. En la segunda sesión de Montse repite la carga eléctrica y realiza problemas, lo que respecto al cronograma la deja aun en la primera sesión. La tercera sesión de Montse inicia tal cual la especificada en el cronograma como segunda sesión, y al final es que alcanza el inicio de la tercera sesión según cronograma. En el cuarto día de clases, Montse realiza por completo la tercera sesión del cronograma, repitiendo la clase anterior, flujo eléctrico y continúa hasta resolver problemas de conductores con simetría esférica.
5. *El profesor Pere*, realiza las clases en las sesiones dirigidas a lo que va a evaluar. La segunda sesión de clase inicia con ejercicios de campo eléctrico aplicado en barra, anillo, plano y disco al igual que lo especifica el cronograma, sin embargo, no realiza la presentación de: el concepto de líneas de campo de eléctrico, el estudio del movimiento de cargas inmersas en campos eléctricos, ni energía-torque en el dipolo. Lo que le da tiempo para dar flujo eléctrico y ley de Gauss en el mismo día. Su tercera sesión

coincide con la segunda mitad de la especificada en el cronograma y le da tiempo de iniciar la cuarta sesión del cronograma. El profesor Pere se observa adelantado en el cronograma, ya que elimina apartados que no son evaluados y redirige sus esfuerzos a la explicación de los conceptos centrales de cada unidad. Se destaca que Pere realiza una evaluación formativa que ocuparía una clase extra, después de esta tercera sesión; basada en una dinámica con los estudiantes en el aula resolviendo problemas sacados del libro (en este caso utilizó el Serway y Jewett, 2009).

5.3.3 Resultados del orden temático comparado.

A partir de la primera observación se extrajo que en cuanto al orden temático de las explicaciones y su contenido, la profesora **Laura**, *es la más detallada, abarca todo el programa y con mayor desarrollo de contenido*. El orden de la explicación de la profesora **Montse** se asemeja al orden de la profesora Laura, con una *estrategia de sobre poner la sesión anterior a la siguiente, mediante el uso de un repaso que más clasifica como una repetición de los conceptos de la clase anterior*. El profesor **Pere** en cuanto a contenido, tiene una estrategia diferente, quizás por ser un curso de verano que se da en muy corto tiempo; *selecciona los puntos más importantes y prepara a los estudiantes en la resolución de problemas*.

Una vez obtenida la información de la clase de cada profesor, se hizo necesario tener una perspectiva visual y comparada entre los tres profesores, que permitiera observar similitudes y/o diferencias entre ellos en cuanto a contenidos y tiempos dedicados en las explicaciones.

Con las tres tablas (5.2, 5.3, 5.4) iniciales con las secuencias de las explicaciones, se generó una tabla de cuatro columnas: Contenido-Laura-Montse-Pere, para el análisis en función de los temas y tópicos temáticos sacados de las explicaciones de los tres profesores. La columna de contenido de las explicaciones se subdivide entonces en tema y segmento del tema. Los espacios en los profesores se van llenando, si la explicación del profesor contiene el subtema de la columna principal.

Se obtiene así la tabla 5.6, formada por cinco columnas, las dos primeras como ya se dijo antes con el contenido de las explicaciones en orden cronológico y subdividida en los tópicos tratados, las otras columnas corresponden a cada profesor. De la columna de contenido, no se tomó en cuenta cargas en movimiento.

La presentación de los datos de la mencionada tabla, permitió ubicar los episodios explicativos de los tres profesores y ver las coincidencias y cruces entre ellos con base a su contenido; lo cual resultó útil para la selección de las historias para el siguiente nivel del análisis. Esta clasificación, resaltó ciertas características, que a la final orientó a la investigadora en relación a la selección de las historias. Al ordenar según los temas se observó lo que a continuación se presenta en la tabla 5.6.

Tabla 5.6. Presentación comparativa de las explicaciones de los profesores

LAS EXPLICACIONES:		LOS PROFESORES:		
Tema	Segmentos	LAURA	MONTSE	PERE
1. La Carga eléctrica Ley de Coulomb	-Propiedades -Ley de Coulomb -Campo eléctrico	(clase no registrada) Métodos de carga	(clase no registrada) Introducción La carga eléctrica Demostración	(clase no registrada) Introducción: repaso de lo visto: carga y campo).
2. Campo eléctrico y Líneas de Campo Eléctrico	Líneas de campo-LCE propiedades	Líneas de Campo propiedades	Líneas de Campo propiedades	
	Líneas de Campo. Ej.	Líneas de Campo ejemplo carga	Líneas de Campo ejemplo	
3. Resolución de Problemas Campo Eléctrico Ley de Coulomb	Varilla-anillo	(no registrado)	(no registrado)	Varilla-anillo
	Varilla-Plano		Varilla-Plano	
	Disco-Plano	Disco-Plano		Disco-Plano
	Intervenciones	Al final de c/clase	Intervenciones	Al final
4. Flujo eléctrico	Definición-teoría -Plano	Definición-teoría (+introducción)	Definición-teoría (al fin de sesión)	Definición-teoría (estudiantes distraídos c/tarea)
	Ilustración – Flujo	Ilustración – superficie no plana(amorfa)	Ilustración – Flujo – superficie no plana(amorfa)	Ilustración –Flujo superficie no plana (hemisferio)
	Dipolo - Analogía		Flujo en Dipolo-	-flujo en Dipolo Analogía dipolo-piscina (cierre)
	Ejercicios de cálculo de FE	cálculo del Flujo hemisferio-cubo		
	Cierre LG	Discusión final		
5. Resolución de Problemas no conductores Ley de Gauss	Ejemplo: carga - esfera	Carga- esferas	Carga-esfera	Carga-esfera
	Varilla- barra		Varilla	
	Plano		Plano	
	Esferas	Esferas		Esferas
6. Equilibrio electrostático. Líneas campo no uniforme	Inducción de cargas	Cond. equilibrio. (Teoría y ejemplo)	Cond. equilibrio.	Cond. Equilibrio (buena pizarra)
	Propiedades/ ejemplo		Tres planos	LCE comparados (buena pizarra)
7. Cargas en movimiento	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	

Fuente: Elaboración propia

- *Carga eléctrica*: Es el tema del que se recoge menor información en su presentación inicial. **Montse** tiene la clase completa de propiedades de la carga, formas de cargar un material, la expresión de Coulomb. **Laura** presenta ejemplos de representación de carga con líneas de campo y métodos de cargar a un material y **Pere**, sólo se recoge el inicio de una clase, donde da un repaso de la clase anterior.
- *Campo y líneas de campo eléctrico*: **Montse** y **Laura**, definen y presentan las características de las líneas de campo, se destaca Laura en el uso de la pizarra. El profesor **Pere** no define las líneas de campo de forma explícita, ni sus propiedades.
- *Resolución de problemas con la ley de Coulomb*: Este tipo de actividad es muy característico y por lo general es donde hay mayor desarrollo matemático. Se distinguen según los sistemas a resolver: a) barra-anillo lo da sólo **Pere**, b) barra-plano la da **Montse** c) disco-plano lo dan **Laura** y **Pere** y se tienen intervenciones de los estudiantes.
- *Fujo eléctrico*: **Laura** inicia la sesión con este tema, **Montse** al contrario finaliza la sesión. **Pere** inicia, luego de una dinámica de tareas donde los estudiantes están distraídos por organizar los equipos. Se observa un punto de intersección en la explicación de los tres profesores: el concepto de flujo eléctrico a través de un mismo sistema (el plano y líneas de campo).

Para ilustrar el flujo en superficie no plana, Laura utiliza una amorfa al igual que Montse; mientras Pere utiliza un hemisferio o cascaron semiesférico. Otros ejemplos utilizados por Laura es el hemisferio, por Montse y Pere el dipolo.

Pere realiza una analogía al final de la clase, utilizando los sistemas dipolo y una piscina como referencia.

- *Resolución de Problemas con la ley de Gauss*. Montse y Pere realizan el ejemplo de la carga puntual con la esfera como superficie gausseana, Laura realiza un ejemplo similar, pero utilizando dos esferas. Laura realiza ejercicios con esferas no conductoras, Montse realiza la varilla, el plano y las esferas. Pere realiza las esferas. Los apartados de ejemplificación y resolución de problemas son los más utilizados para caracterizar la representación multimodal

- *Equilibrio electrostático.* Los tres profesores desarrollan este segmento. Es un segmento corto, que es interesante en el desarrollo del profesor Pere como caracterización en la pizarra. Adicionalmente, al final de equilibrio electrostático, presenta un apartado de campos no uniformes, explicados con líneas de campo.
- *Movimiento de cargas y dipolo.* Laura y Montse dan el segmento.

5.4 La distribución en el tiempo de la explicación de los profesores

A partir de las tablas iniciales de secuencias explicativas (tablas 5.2, 5.3, 5.4), se generó una tabla que ubica el orden de la explicación de los tres profesores en el tiempo, y la duración de los tópicos de manera comparada. En la tabla 5.7, se muestra la tabla de análisis en el tiempo, en la primera columna se muestra una misma línea de tiempo, y se les asigna un color a los temas. La asignación de color a los temas se muestra en la figura 5.3.

Color						
Tema	Carga eléctrica.	Líneas de campo eléctrico.	Fujo eléctrico	Resolución de problemas	Movimiento de cargas y dipolo.	Equilibrio electrostático.

Figura 5.3. clasificación de los tópicos por color.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 5.7 es una *herramienta visual de análisis*, donde se pueden observar a través del grosor de las franjas de colores, los tiempos dedicados por cada profesor en cada apartado de las explicaciones.

En la tabla 5.7 se muestran tres macro columnas que representan el tiempo y el tópico de clase, donde se señalan con franjas de colores de un grosor representativo, el intervalo de tiempo que ocupa una explicación determinada. En la tabla se muestran dos sesiones de los profesores, las tercera y cuarta clase de Laura y Montse, y la segunda y tercera clase de Pere, con un tiempo comparado de trescientos minutos aproximadamente. Se presenta la información de *contenido de la explicación* de los tres profesores bajo una misma línea de *tiempo*, y se destaca usando el mismo color para descripciones del contenido comunes. Todo ello con la finalidad, de mostrar el universo de estudio y sirva para criterios de selección de los segmentos que se servirán para un análisis más detallado. Con esta organización se pudo “construir” además de las historias explicativas a lo largo de una o diversas sesiones de nivel **macro**, segmentos más pequeños o *historias explicativas*, seleccionadas por contenido específico.

Tabla 5.7. Tabla comparativa contenido vs tiempo de los tres profesores

min	LAURA	min	MONTSE	min	PERE
0	Líneas de fuerza	0	Repaso de CE (exp. Matemática)	0	Enumera lo dado antes: carga y campo
10		10	Líneas de Fuerza	10	Campo eléctrico generado por a) disco b) Plano c) Cilindro
20	Ej. Cargas puntuales	20	Campo eléctrico generado por el dipolo	20	
30	Campo eléctrico generado por a) disco b) Plano c) Cilindro	30	Momento dipolar	30	
40		40	Campo eléctrico generado por	40	
50		50	a) plano cargado	50	
60		60	b) varilla en planos	60	
70		70	LCE (en planos)	70	
80	Movimiento de una carga en un CE. Dipolo Eléctrico: Análisis de Fuerzas Equilibrio estable / inestable	80	Movimiento de una carga en un CE. Dipolo Eléctrico: Análisis de Fuerzas	80	Flujo Eléctrico (FE): plano-hemisferio - dipolo - Analogía
90		90		90	Ley de gauss
100		100		100	Carga puntual
110		110		110	esferas
120		120		120	Equilibrio Electrostático
130	Métodos de Carga	130	Flujo Río - anillo	130	Ejemplo: esfera conductora
140		140	Flujo Eléctrico plano-sup. No plana-	140	
150		150	Ejemplo: carga puntual Ley de Gauss -Dipolo	150	Ejemplo de Campos uniforme LCE
160	Flujo Eléctrico (FE): Inicio: plano Superficie No plana Ilustración: hemisferio Cascaron semiesférico Hemisferio con tapa Síntesis-propiedades FE Cubo Cierre.	160	Nueva sesión. Repaso	160	Clase donde los alumnos Realizan ejercicios asignados. Es como una Consulta grupal
170		170	Flujo eléctrico	170	
180		180	Ley de Gauss	180	
190		190		190	
200		200		200	
210		210	Lay de Gauss Esfera no conductora Concha esférica E en una varilla Plano cargado (Selección de la sup. gaussiana SG)	210	
220	Ley de Gauss: Ejemplo: Esfera conductora	220		220	
230		230		230	
240	Líneas de Fuerza y campo eléctrico	240		240	
250		250		250	
260	Retoma el ejemplo esferas	260		260	
270		270		270	
280	Comprobar $E=0$ dentro del cond.	280	Equilibrio Electrostático	280	
290		290		290	
300	Equilibrio Electrostático	300	Problema.	300	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 5.7 se puede observar lo siguiente.

- *El tiempo dedicado en la explicación de Líneas de campo eléctrico (en azul).* Si se observa la figura 5.4, las franjas azules que representan la explicación que contiene a las líneas de campo y se ordena de mayor a menor los profesores según ese tiempo dedicado; se tiene que **Laura le dedicó mayor tiempo de su explicación**, luego Montse y luego Pere con el menor tiempo dedicado.
 - Se observa que **Laura**, le dedica una buena parte para explicar y definir las líneas de campo; antes inclusive, de dar los ejercicios para determinar el Campo Eléctrico aplicando la Ley de Coulomb. En su explicación describe las propiedades y realiza ejemplos.
 - **Montse** de manera similar y en el mismo orden que Laura, dedica su tiempo para explicar y definir las líneas de campo, realiza ejercicios de Campo eléctrico, y retoma las líneas de campo en un ejemplo con planos infinitos cargados.
 - **Pere**, sin embargo, realiza las aplicaciones de campo eléctrico, no hace ningún apartado específico para definir las líneas de campo, seguidamente inicia la explicación del concepto de Flujo y es allí cuando introduce las líneas de campo eléctrico. Más adelante le dedica más tiempo cuando explica las líneas de campo eléctrico para describir campos uniformes.

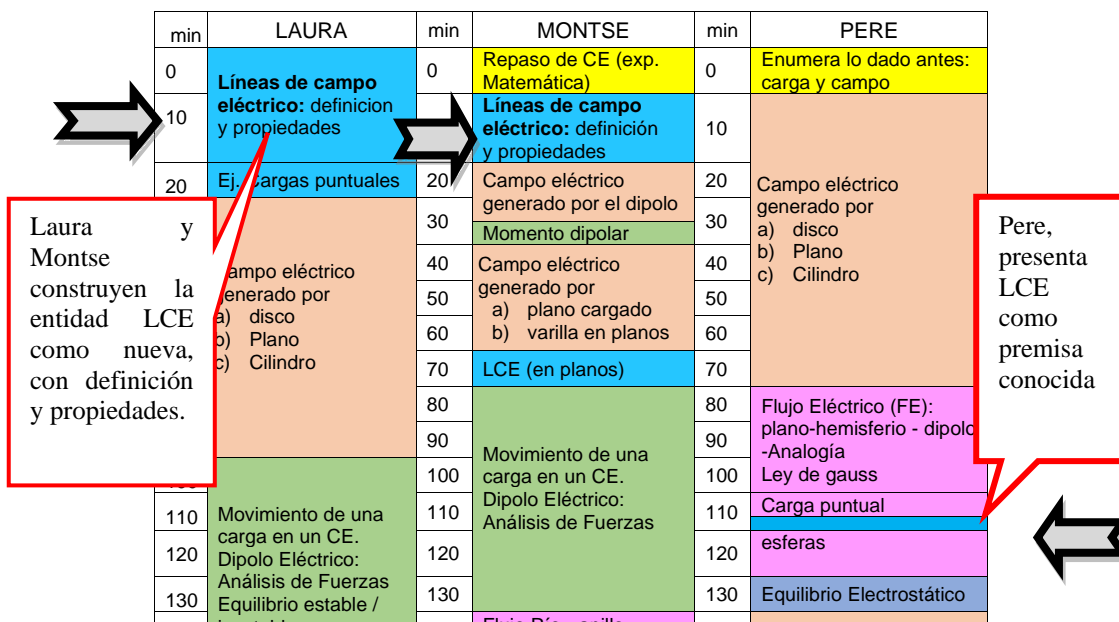


Figura 5.4. Las líneas de campo eléctrico (LCE) en las explicaciones de los tres profesores.

Fuente: Elaboración propia

5.5 Las unidades didácticas: temas y estructura

El ensamble de las unidades didácticas. Con las secuencias de las explicaciones bien descritas, por su conocido su contenido temático y distribución en el tiempo, se procedió a fijar **criterios** para: los temas de las unidades didácticas, definir la **estructura** del conjunto que forman a la investigación y por último seleccionar los **segmentos** que formaran la estructura de las unidades didácticas.

5.5.1 Criterios y temas de las unidades didácticas

Para la selección de los temas de las explicaciones de los profesores, que se desarrollaron se tomó en cuenta la relación didáctica del saber enseñado y el despliegue temporal del saber en el proceso didáctico, presentado al inicio de este capítulo. Se tomó como referencia las tablas 5.6 y 5.7, que muestran los tiempos, segmentos de los contenidos programáticos, y donde al menos dos profesores coinciden en cada segmento para seleccionar uno de ellos.

El criterio para seleccionar los temas: aquellos conceptos o subtemas que los tres profesores den presencia (de forma explícita o implícita) en su hacer didáctico y ayuda a construir el concepto de campo eléctrico que es el tema de toda la unidad. Siendo coherente con la importancia de la relación didáctica, saber enseñado y tiempo dedicado. Para la selección de segmentos, se tomó en cuenta:

- **Carga eléctrica:** Es un concepto que aparece desde el inicio de las clases hasta el final en la expresión de la ley de gauss. A pesar que se pierde información de dos profesores en la presentación del concepto. Montse resalta en su explicación por su lenguaje desde lo cotidiano y el uso de la demostración.
- **Líneas de campo eléctrico:** Es un concepto que contribuye a dar significado al concepto de campo eléctrico. Llama la atención los extremos en el tiempo de dedicación a este concepto, donde Laura resalta su importancia con un apartado extenso y muy descriptivo, dedicado al tema, y Pere en cambio lo presenta de forma implícita, como concepto conocido. Lo que hace interesante el analizar la utilidad de esta premisa en la construcción de significados.

- Flujo eléctrico: Es un tema que intercepta en tiempo, contenido y coinciden en el uso del mismo sistema o escenario, para su definición.
- Ley de Gauss: Es la unidad donde pertenece el concepto de flujo. Se observa que existen escenarios comunes (dipolo y la carga eléctrica puntual) entre los profesores Montse y Pere, sin perder la continuidad en el tiempo con el tema de flujo.

Para la selección de los *temas de las unidades didácticas*, prevalece mantener el orden programático y la continuidad en la construcción de significados en los conceptos básicos.

El criterio para descartar como opción de tema para la construcción de historias: La primera acción es irse a los extremos recortando por exceso de habilidades de los tres profesores o por defecto de presencia en la explicación en alguno de los profesores. Al analizar a los tres profesores, los temas tomados en cuenta para su eliminación son:



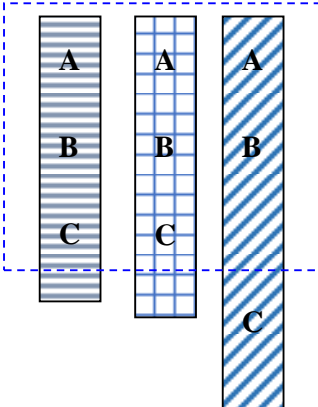



- Cargas en movimiento, osciloscopio, momento dipolar. No hay intersección de los tres profesores.
- Equilibrio electrostático. En orden del tiempo dedicado, y premisas, lo coloca al final de las opciones de selección para historias. Sin embargo, se toman segmentos para el análisis micro.
- La resolución de problemas. Al contrario que las anteriores, se trata de no tomar en cuenta por considerar que es un tema bastante amplio a desarrollar para otra investigación, aparte de considerarse la fortaleza de los profesores de ingeniería por sus habilidades en el desarrollo matemático. Sin embargo, como forma parte del desarrollo conceptual y la construcción de significado, se tomaron algunos segmentos, dentro de las historias y el análisis micro.
- Flujo eléctrico. La profesora Laura realizó un apartado de ejercicios para el concepto flujo para profundizar la ley de Gauss. Aunque se analizó, no se presenta en la investigación por su extensión.

Tomando como referencia todo lo anteriormente expuesto, los temas seleccionados para construir las historias fueron: Carga eléctrica, Líneas de campo y flujo eléctrico hasta ley de Gauss.

5.5.2 Estructura de las unidades didácticas.

La investigación presenta las historias en capítulos siguiendo el orden programático. En la tabla 5.8, se muestra la estrategia seguida para el diseño de las unidades didácticas, con el fin de obtener la caracterización de la explicación de los profesores.

Tabla 5.8. Estructura de las unidades didácticas.

Estrategias para diseñar las unidades didácticas a partir de las historias explicativas de los profesores			
Tipo de → Historia	Historias construidas		Historias con escenarios comunes
Tema	Carga eléctrica	Líneas de campo	Flujo Eléctrico y ley de Gauss
Estructura			
Descripción:	<p>Cada barra representa una historia, formada por un segmento o conjunto de segmentos de la explicación, tomados secuencialmente en el tiempo.</p> <p>A-B-C: representa el orden dado a la historia general, en este caso según los <i>propósitos de enseñanza</i> (introducción, desarrollo teórico, ejemplo, resolución de problemas, cierre)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Profesor 1 </div> <div style="text-align: center;">  Profesor 2 </div> <div style="text-align: center;">  Profesor 3 </div> </div>		

Fuente: Elaboración propia

En el tema de carga eléctrica la historia general de la unidad didáctica se construyó con segmentos explicativos de los tres profesores; al igual que el tema de líneas de campo. En el tercer tema se obtienen tres unidades didácticas una de cada profesor, que presentan similitudes, con el mismo inicio (concepto de flujo) y limitadas en su extensión.

En total se seleccionaron cinco historias, dos historias construidas con las explicaciones de los tres profesores y tres historias que inician de forma similar.

Para la selección de los segmentos que formaran *las unidades didácticas*, se debe cumplir la continuidad en el tiempo.

5.5.3 Selección de las historias explicativas.

Una vez decididos los temas a desarrollar, hubo que seleccionar cuáles segmentos explicativos de cada profesor formaran las unidades didácticas, o historias explicativas. Se elaboró la tabla 5.9 y que representa la fusión de las tablas 5.6 y 5.7. La tabla 5.9 muestra cinco columnas: la primera columna los temas, en la segunda *los segmentos generales identificados por color*, y luego vienen las tres columnas correspondientes una por profesor para la selección sobre diseñada a partir de las donde aparecen remarcados los segmentos para la construcción de las historias. A continuación, se detallan los criterios tomados en cuenta, para la selección mostrada en esta tabla.

Las historias construidas seguirán el orden temático. El cuerpo del informe de la investigación muestra las historias siguiendo el orden didáctico del contenido. La primera historia será basada en el tema de la “carga eléctrica”, la segunda historia “líneas de campo” y las últimas tres sobre “flujo eléctrico”.

Criterio para seleccionar las historias explicativas de cada profesor. Las historias explicativas de cada profesor estarán formadas por segmentos continuos en el tiempo, donde se puedan abarcar la mayoría de las subcategorías al aplicar la dimensión de análisis de la unidad didáctica. Se prima la continuidad de la explicación, antes que la completitud de subcategorías aplicadas.

Tabla 5.9. Selección de los segmentos que formaran las unidades didácticas.

LAS EXPLICACIONES:		LOS PROFESORES:		
Tema	Segmentos	LAURA	MONTSE	PERE
1. La Carga eléctrica Ley de Coulomb	-Propiedades -Ley de Coulomb -Campo eléctrico	(clase no registrada) Métodos de carga	(clase no registrada) Introducción La carga eléctrica Demostración	(clase no registrada) Introducción: repaso de lo visto: carga y campo).
2. Campo eléctrico y Líneas de Campo Eléctrico	Líneas de Campo LCE propiedades.	Líneas de Campo propiedades	Líneas de Campo propiedades	
	Líneas de campo-ejemplo	Líneas de Campo ejemplo carga	Líneas de Campo ejemplo	
3. Resolución de Problemas Campo Eléctrico Ley de Coulomb	Varilla-anillo	(no registrado)	(no registrado)	Varilla-anillo
	Varilla-Plano		Varilla-Plano	
	Disco-Plano	Disco-Plano		Disco-Plano
	Intervenciones	Al final de c/clase	Intervenciones	Al final
4. Flujo eléctrico	Definición-teoría -Plano	Definición-teoría (+introducción)	Definición-teoría (al fin de sesión)	Definición-teoría (estudiantes distraídos c/tarea)
	Ilustración – Flujo	Ilustración – superficie no plana(amorfa)	Ilustración – Flujo – superficie no plana(amorfa) - flujo en Dipolo-Gauss	Ilustración –Flujo superficie no plana (hemisferio) flujo en Dipolo - Gauss - Analogía dipolo-piscina
	Dipolo – Gauss Analogía			
	Ejercicios de cálculo de FE	cálculo del Flujo hemisferio-cubo		
	Cierre LG	Discusión final		
5. Resolución de Problemas no conductores Ley de Gauss	Ejemplo: carga - esfera	Carga-dos esferas	Carga-esfera	Carga-esfera
	Varilla- barra		Varilla	
	Plano		Plano	
	Esferas	Esferas		Esferas
6. Equilibrio electrostático. Líneas campo no uniforme	Inducción de cargas	Cond. equilibrio. (Teoría y ejemplo)	Cond. equilibrio.	Cond. Equilibrio (buena pizarra)
	Propiedades/ ejemplo		Tres planos	LCE comparados (buena pizarra)
7. Cargas en movimiento	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	Osciloscopio, energía-torque	

Fuente: Elaboración propia

5.5.4 La primera historia: la carga eléctrica

Para, construir la primera historia se tomaron trozos o segmentos que trataron el concepto de carga eléctrica, de cada uno de los profesores de la siguiente forma:

- **A - La historia de Montse:** *el concepto de carga eléctrica, la demostración con objetos y propiedades de la carga eléctrica.* En este tema no hay competencia entre segmentos, ya que sólo se dispone registro de la clase inicial de Montse. Sin embargo, Montse presenta una historia interesante, con una gran riqueza multimodal y retórica. En ella **da inicio a la sesión de clases**, construye significados para la carga eléctrica desde lo cotidiano, acompañado de la gestualidad que ayuda a construir la narrativa de la historia. Se observa el uso de láminas o transparencias en el retroproyector, la escritura en la pizarra para identificar características de la carga eléctrica, el uso de la demostración usando objetos, objetos que luego acompañaran como mediadores en el desarrollo de las características de la carga. Todo ello, lo hace atractivo para desarrollarlo como historia. En la tabla 5.10, se observa esta historia en la columna de Montse marcado con un rectángulo amarillo de bordes curvos, el segmento seleccionado: carga eléctrica-demostración.

Tabla 5.10. Selección de los segmentos para la unidad didáctica: “carga eléctrica”.

LAS EXPLICACIONES:		LOS PROFESORES:		
Tema	Segmentos	LAURA	MONTSE	PERE
1. La Carga eléctrica Ley de Coulomb	-Propiedades -Ley de Coulomb -Campo eléctrico	(clase no registrada) Métodos de carga	(clase no registrada) Introducción La carga eléctrica Demostración	(clase no registrada) Introducción: repaso de lo visto: carga y campo).
2. Campo eléctrico y Líneas de Campo Eléctrico	Líneas de Campo LCE propiedades. Líneas de campo-ejemplo	Líneas de Campo propiedades Líneas de Campo ejemplo carga	Líneas de Campo propiedades Líneas de Campo ejemplo	

Fuente: Elaboración propia

- **B - La historia de Laura:** *el ejemplo de cargas eléctricas puntuales y líneas de campo.* La historia de Laura, muestra la representación de sistemas con cargas eléctricas (pregunta de evaluación para el estudiante) donde además se observa el uso del libro texto, y el dibujo en la pizarra utilizando colores para la representación de sistemas con

cargas puntuales. Esta historia representa **un ejemplo**. En la tabla 5.10, se resalta en la columna de Laura el segmento seleccionado con un rectángulo amarillo de bordes curvos: Líneas de campo, ejemplo de carga.

- **C - La historia de Pere:** *el repaso de la clase pasada*. Representa la apertura de la clase con el **recuento de lo visto** en la clase anterior. Es un discurso verbal, interesante que implica al estudiante en una visión científica un poco más allá de lo establecido curricularmente. Se puede observar en la tabla 5.10, columna de Pere con un rectángulo amarillo de bordes curvos, el segmento seleccionado: repaso de lo visto: carga y campo.

5.5.5 La segunda historia: líneas de campo eléctrico.

La segunda historia, indaga sobre la pertinencia de las líneas de campo en el saber enseñado de los profesores. La historia se construye con segmentos que abarcan las actividades didácticas comunes en: a) la definición, de las líneas de campo donde se selecciona el segmento de Laura con un ordenado desarrollo en la pizarra b) el ejemplo, para ejemplificarlo se toma el ejemplo de Pere con la superficie gaussiana esférica para la carga puntual y c) la resolución de problemas se toma a Montse utilizando objetos sobre la pizarra. En la tabla 5.11 se observan los segmentos con rectángulos de bordes curvos azules.

Las líneas de campo eléctrico es una historia construida en función de la explicación de los tres profesores, colocando sus explicaciones de forma secuencial y manteniendo el orden en el tiempo. Se seleccionan segmentos donde destaque el uso de recursos en la interacción con el medio, el uso de objetos, la representación del imaginario, entre otros. Al estudiar la amplitud del discurso, el análisis repercute inmediatamente en el lugar que se le concederá a la exposición de los elementos de partida, su elección y forma de presentación. Se organiza de la siguiente forma:

A - La historia de Laura: *el concepto de Líneas de campo y características*. Representa **la apertura y el desarrollo teórico**. Laura se destaca por su detalle en la escritura en la pizarra y en la meticulosidad observada en el proceso de enseñanza para recibir el *feedback* de los estudiantes y redirigir su explicación.

Tabla 5.11. Selección de los segmentos para la unidad didáctica: “líneas de campo eléctrico”.

LAS EXPLICACIONES:		LOS PROFESORES:		
Tema	Segmentos	LAURA	MONTSE	PERE
2. Campo eléctrico y Líneas de Campo Eléctrico	Líneas de Campo LCE propiedades.	Líneas de Campo propiedades	Líneas de Campo propiedades	
	Líneas de campo-ejemplo	Líneas de Campo ejemplo carga	Líneas de Campo ejemplo	
3. Resolución de Problemas Campo Eléctrico Ley de Coulomb	Varilla-anillo	(no registrado)	(no registrado)	Varilla-anillo
	Varilla-Plano		Varilla-Plano	
	Disco-Plano	Disco-Plano		Disco-Plano
	Intervenciones	Al final de c/clase	Intervenciones	Al final
4. Flujo eléctrico	Definición-teoría -Plano	Definición-teoría (+introducción)	Definición-teoría (al fin de sesión)	Definición-teoría (estudiantes distraídos c/tarea)
	Ilustración – Flujo	Ilustración – superficie no plana(amorfa)	Ilustración – Flujo – superficie no plana(amorfa) - flujo en Dipolo-Gauss	Ilustración –Flujo superficie no plana (hemisferio)
	Dipolo – Gauss Analogía			flujo en Dipolo - Gauss - Analogía dipolo-piscina
	Ejercicios de cálculo de FE	cálculo del Flujo hemisferio-cubo		
	Cierre LG	Discusión final		
5. Resolución de Problemas no conductores Ley de Gauss	Ejemplo: carga - esfera	Carga-dos esferas	Carga-esfera	Carga-esfera
	Varilla- barra		Varilla	
	Plano		Plano	
	Esferas	Esferas		Esferas

Fuente: Elaboración propia

B - La historia de Pere: el ejemplo de la carga puntual en la ley de Gauss, líneas de campo y superficie Gausseana. La línea de campo como premisa sobre entendida. El tema de las líneas de campo, es un concepto importante en la creación de significado para el campo eléctrico, y luego nos sirve de herramienta para extrapolar el concepto a líneas de campo magnético. Se tiene contribución de los tres profesores, y Pere es un punto de atención, al introducir el concepto como una premisa sobreentendida. Pere no lo define formalmente, sin embargo, se observan apartados donde las líneas de campo las utiliza, en flujo eléctrico y en la resolución de problemas aplicando ley de gauss. En el discurso de este **ejemplo**, que tiende a la persuasión, en

este caso de Pere, se concede a cada parte de su exposición un lugar proporcional a la importancia que le gustaría que se atribuyera en la mente de quienes lo escuchan, Pere utiliza las líneas de campo para representar el campo de la carga eléctrica, y para justificar la selección de la superficie Gausseana, entre otras cosas. Cuando todos conocen una cierta premisa, podría parecer obvio el no enunciarla; es decir, tomarla como sobrentendida.

C - La historia de Montse: *el ejercicio de aplicación de la ley de Gauss para determinar el campo eléctrico del plano infinito no conductor.* Montse se destaca en la representación con objetos y en esta historia realiza la **resolución de problemas**, utilizando las líneas de campo como base para la selección de la forma y colocación de la superficie Gausseana; además de retomar el concepto de campo eléctrico, carga neta y flujo conceptos todos importantes en la construcción de significados de la explicación para esta investigación.

La construcción de la historia de líneas de campo eléctrico toma en cuenta segmentos que se asumen de interés por la construcción de significados científicos.

5.5.6 Tres historias sobre: flujo eléctrico y ley de Gauss

La tercera historia, se basa en la intersección de los profesores. En este estudio se encontró que los tres profesores coincidieron en la definición del concepto de flujo utilizando un mismo sistema de un plano para soportar su definición. Realmente esta historia viene a ser la misma historia contada de tres formas. Son tres historias comparadas y se analizan desde la interacción con el medio para crear significados, o visión multimodal.

El “flujo eléctrico” es una historia construida en función de la explicación de los tres profesores, colocando sus explicaciones de forma secuencial y manteniendo el orden en el tiempo. Tomando en cuenta la potencialidad convincente de la acción del profesor en la explicación, se seleccionó:

A – B – C La historia de Pere: *Flujo eléctrico y ley de Gauss.* La historia de Pere inicia luego de un previo de discusión de tareas a los estudiantes. Se observan escenarios como: plano inclinado, superficie no plana, dipolo y analogía con la piscina.

A – B -C -La historia de Montse: *Flujo eléctrico y ley de Gauss*. Esta historia de Montse, inicia casi finalizando la sesión de clases, y debe retomar a los estudiantes que se muestran cansados e iniciar este nuevo tema. Se observan escenarios como: el río, plano inclinado, superficie no plana, ejemplo de carga puntual y dipolo. Que son escenarios comunes a los de Pere, y sin saltar la continuidad de la explicación.

A – B -La historia de Laura: *Flujo eléctrico*. La historia de Laura inicia junto con el inicio de su sesión de clases. Se observan escenarios como: plano, plano inclinado, superficie no plana. Su discurso es muy extenso, por lo que se tomó sólo el concepto de flujo; partiendo de usar un intervalo de tiempo de la explicación, de 30 minutos u episodios para cada una de las tres historias.

Las tres historias se muestran seleccionadas sobre la tabla 5.12. Se destaca en la historia de Pere que el segmento de carga puntual está en líneas de campo y en flujo eléctrico.

Tabla 5.12. Selección de los segmentos para las unidades didácticas de Flujo eléctrico y ley de Gauss.

LAS EXPLICACIONES:		LOS PROFESORES:		
Tema	Segmentos	LAURA	MONTSE	PERE
4. Flujo eléctrico	Definición-teoría -Plano	Definición-teoría (+introducción)	Definición-teoría (al fin de sesión)	Definición-teoría (estudiantes distraídos c/tarea)
	Ilustración – Flujo	Ilustración – superficie no plana(amorfa)	Ilustración – Flujo – superficie no plana(amorfa) - flujo en Dipolo-Gauss	Ilustración –Flujo superficie no plana (hemisferio) flujo en Dipolo - Gauss - Analogía dipolo-piscina
	Dipolo – Gauss Analogía			
	Ejercicios de cálculo de FE	cálculo del Flujo hemisferio-cubo		
	Cierre LG	Discusión final		
5. Resolución de Problemas no conductores Ley de Gauss	Ejemplo: carga - esfera	Carga-dos esferas	Carga-esfera	Carga-esfera
	Varilla- barra		Varilla	
	Plano		Plano	

Fuente: Elaboración propia

5.6 Las unidades didácticas y las dimensiones de análisis a aplicar.

A lo largo del capítulo se ha mostrado la organización, la definición de criterios, la selección de historias explicativas de los profesores, y de nuevo la reorganización para formar las unidades didácticas. Recordando que *la unidad didáctica* es una unidad de enseñanza construida a partir del discurso de los profesores en sus explicaciones, creada con un *propósito de formación a través del análisis aplicado* desde la visión pedagógica de presentar una herramienta base de conocimiento didáctico. Se partió del principio, que el profesor aprende inicialmente por imitación, se le presenta una base de trabajo: **el saber dado** y a partir del proceso reflexivo y analítico dirigido por las categorías de análisis de cada dimensión, este conocimiento inicial se convierte y desarrolla, alimentando el propio hacer docente (Gros y Romañá, 2004).

El diseño de las unidades didácticas con sus dimensiones se resume en la tabla 5.13, y a continuación, se describen:

1. La carga eléctrica. La mirada argumentativa. En esta historia se presentan las explicaciones de los profesores desde la mirada argumentativa aplicando las categorías de la dimensión 2 y se destaca el uso de los recursos multimodales que dispone el profesor para crear significado desde la argumentación. Cada historia se clasificó según el argumento que la caracteriza: ilustración, demostración, ejemplo, cuasi lógico, entre otros. La visión retórica argumentativa es muy amplia, y en particular, para el estudio argumentativo, encontrar una gran variedad de argumentos en una misma secuencia no es muy factible. Se representa la interacción de los argumentos en segmentos de la explicación.
2. Líneas de campo. La mirada didáctica - multimodal. Se presenta la historia construida por los tres profesores, que se analizan aplicando las categorías de la dimensión 1, y la dimensión 2 para obtener las características didácticas de la explicación y características desde los modos comunicativos. Esta unidad didáctica es muy interesante ya que se aplica sobre este análisis, la dimensión T presentando un análisis desde las tensiones comunicativas que finaliza con la representación de la trayectoria explicativa para cada profesor.

Tabla 5.13. Presentación de las unidades didácticas de la investigación.

Descripción	Unidad didáctica – historia explicativa	Dimensión del análisis:
<p>Carga eléctrica.</p> <p>Para cada profesor se muestra el saber dado de su historia, y luego los aspectos argumentativos.</p>	<p>1. La carga eléctrica</p> <p>Montse: Introducción. Carga eléctrica. Demostración. Propiedades</p> <p>Laura: Ejemplo de representación de cargas eléctricas puntuales con líneas de campo.</p> <p>Pere: Repaso de carga y campo eléctrico.</p>	
<p>Líneas de campo.</p> <p>Para cada profesor se muestra el saber dado de su historia, y luego los aspectos didácticos.</p>	<p>2. Líneas de campo eléctrico.</p> <p>Laura: Introducción. Características de las líneas de campo eléctrico</p> <p>Pere: Ejemplo de carga puntual. Las líneas de campo para la creación de significado de superficie gaussiana.</p> <p>Montse: Resolución de problemas aplicando ley de Gauss: campo eléctrico del plano infinito.</p>	
<p>Flujo eléctrico y ley de Gauss.</p> <p>Tres historias similares analizadas desde las tres dimensiones.</p> <p>Para cada profesor se muestra el saber dado de cada historia, y luego los aspectos didácticos, argumentativos y multimodales de la historia.</p>	<p>3. Flujo eléctrico y ley de Gauss</p> <p>Pere: Flujo eléctrico. Plano inclinado. Superficie no plana. Superficie cerrada. Dipolo. Ley de Gauss. Analogía entre dipolo - piscina. Ejemplo de carga puntual.</p>	
	<p>4. Flujo eléctrico y ley de Gauss</p> <p>Montse: Introducción con flujo en el río. Flujo eléctrico. Plano inclinado. Superficie no plana. Superficie cerrada. Ejemplo de carga puntual. Ley de Gauss. Dipolo.</p>	
	<p>5. Flujo eléctrico</p> <p>Laura: Introducción. Flujo eléctrico. Plano. Plano inclinado. Superficie no plana.</p>	

Fuente: Elaboración propia

3. Flujo eléctrico y ley de Gauss. Se presentan tres historias, cada una analizada con las tres dimensiones básicas, y con la dimensión T para representar la historia desde la interacción de los modos comunicativos

Se espera que la estructura diseñada pueda ser útil a futuro, como material para talleres. A continuación, se presentan los capítulos donde se desarrollan las unidades didácticas, tal como se ha explicado en la tabla anterior.

6. La mirada argumentativa.

La carga eléctrica

Análisis y resultados

✚ En este capítulo se presenta la “historia construida” sobre el tema “*la carga eléctrica*”, elaborada a partir de segmentos de explicaciones o mini historias explicativas de los tres profesores de estudio, analizada desde la dimensión 2 retórico-argumentativa y la dimensión 3 de la multimodalidad. El análisis se realiza desde la visión argumentativa y la visión multimodal. Esta historia construida enlaza tres momentos explicativos en que se trata sobre la carga eléctrica. Se recoge la actuación de Montse, con el inicio y apertura al tema de la carga eléctrica y sus características, Pere con un recuento de lo visto en la clase de carga eléctrica y Laura presentando cuatro ejemplos de líneas de campo eléctrico en configuraciones con cargas eléctricas. En el discurso verbal, se identifican las tesis planteadas por el profesor, las premisas iniciales sobre el contexto cotidiano, acompañadas de la gestualidad, que ayuda a construir la narrativa de la historia, que va desde lo cotidiano a los modelos formales de la física, y tiene el soporte de argumentos para convencer de las tesis. Diversos recursos multimodales cumplen funciones retórico-didácticas orientadas a la preparación de la audiencia y a la construcción de conocimiento científico. Este capítulo persigue desde el marco teórico caracterizar la historia construida desde la visión retórico-argumentativa en una clase universitaria y conocer como está relacionada la multimodalidad con la construcción argumentativa, buscando además formas de representación que sean útiles para mostrar en forma de esquemas el comportamiento de las tesis y argumentos en la historia.

6.1 Introducción

Para esta primera historia construida, se seleccionaron los segmentos que involucran los aspectos más resaltantes del tema de carga eléctrica para los tres profesores. El tema tal como se presenta para su análisis en este capítulo, ha sido elaborado por la investigadora uniendo fragmentos secuenciales en el tiempo de las historias sobre la carga eléctrica de los tres profesores que participan en el estudio, uno por cada profesor, y estas mini historias se unen según el orden programático que se suele seguir en esta asignatura (ver capítulo 5 de análisis macro. apartado 5.7.1).

En esta historia construida, se va a mostrar como el profesor hace uso de recursos retórico-argumentativos y multimodales para construir los conceptos relacionados con la carga eléctrica (el saber enseñado) y cómo intervienen en la narrativa de la historia. En concreto se identificarán tesis, premisas, como se presentan para mostrar como el profesor da *presencia* a las ideas o entidades/conceptos del tema ya acordados con la audiencia o que va elaborando a lo largo de episodios de la historia, y qué *argumentos* utiliza para convencer a sus alumnos.

6.1.1 Las categorías de análisis para “la carga eléctrica”.

Para explicar el análisis realizado en este capítulo, se recuerda el esquema de la pirámide que se ha incorporado en el capítulo 5 de análisis macro, y que se muestra en la figura 6.1. donde cada cara representa una de las diferentes visiones con las que fueron elaboradas las historias, a partir del marco teórico. Como se indica en la figura 6.1, la mirada principal para esta historia de la carga estará compuesta por la “visión retórica-argumentativa” de la nueva retórica (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 1958) (ver cap. 3 de metodología, apartado 3.4, y cap. 5, apartado 5.7) y por la de la “visión multimodal”, de la que no se puede prescindir, en ninguna de las historias analizadas.

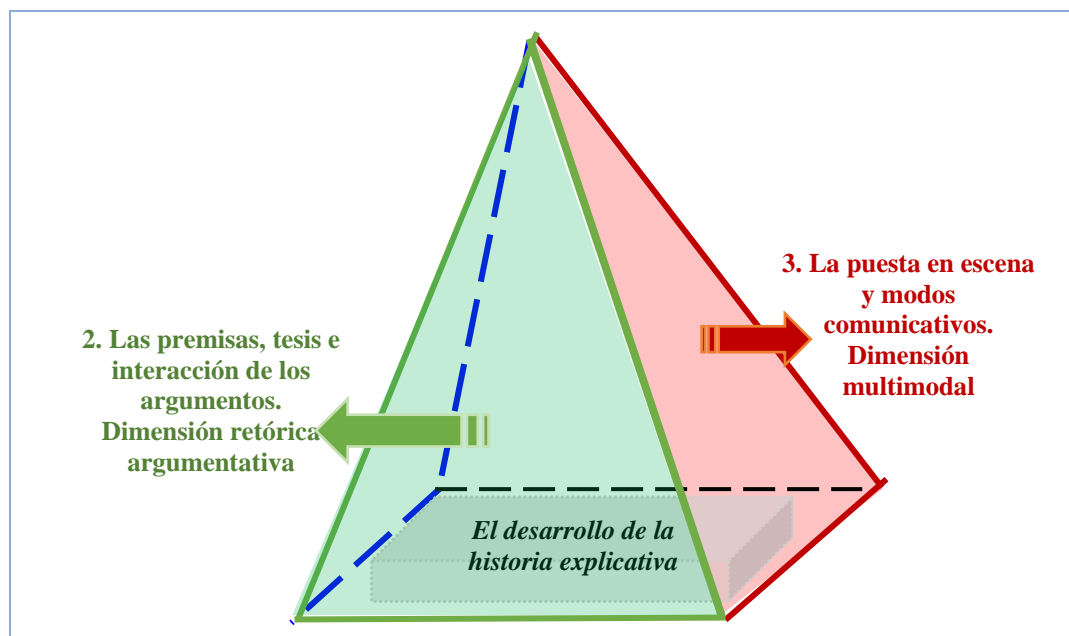


Figura 6.1. Análisis de la historia desde la visión retórica argumentativo y multimodal.

Fuente Elaboración propia

En esta historia sobre la carga eléctrica se aplicará la dimensión 2 las categorías de análisis se centrarán en categorías relativas a: acuerdos de partida (premisas), argumentos y a sus interacciones, técnicas para dar presencia a las premisas o reforzar los argumentos. Categorías que ayudaran a apreciar la capacidad de convencimiento de las historias elaboradas. Estas categorías se completaron con las de la dimensión 3 de la multimodalidad, intentando encontrar relación entre los diversos modos comunicativos utilizados por los profesores y como contribuyen en los argumentos o macro argumentos que el profesor va elaborando en su explicación.

Los **objetivos** que se persiguen en este capítulo para ver si la explicación puede resultar consistente y convincente a los estudiantes, se recogen del capítulo 1 los que se ajustan a este capítulo 6, y se muestran a continuación:

B. Desde la perspectiva retórico argumentativa Caracterizar las explicaciones de los profesores, según los elementos retóricos-argumentativos presentes en la explicación del profesor, a partir de la teoría de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000).

1. Identificar y describir los elementos retórico-argumentativos: tesis y premisas en las que se apoyan, tipos de premisas, la presencia y formas de presentar las premisas, argumentos y tipos de argumentos (objetivo B-1 del capítulo 1).
2. Caracterizar la historia explicativa, o segmentos de ella, a partir de: a) las tesis, los argumentos y técnicas discursivas usadas, y el orden en la explicación, b) la contribución de la multimodalidad en la construcción de argumentos en la historia, y c) la creación de la comunión entre profesor y auditorio (objetivo B-2 del capítulo 1).
3. Caracterizar y describir las estructuras argumentativas o macro argumentos en el desarrollo de las tesis de la explicación, identificando los argumentos que los componen (objetivo B-3 del capítulo 1).
4. Desde la perspectiva argumentativa, representar de forma esquemática o tabulada, historias o segmentos de historias explicativas, tal que describan la interacción de argumentos y su secuencialidad (objetivo B-4 del capítulo 1).

C. Desde la visión de los modos comunicativos usados en el aula, caracterizar los argumentos buscando su relación con la multimodalidad; es decir cómo los elementos multimodales utilizados por el profesor en la explicación, ayudan a construir los argumentos que justifican las tesis en la historia explicativa, a partir de:

5. Identificar, siguiendo el orden de la historia explicativa, o segmentos de la misma, los modos comunicativos utilizados por el profesor y que caracterizan su actuación en el aula. (objetivo C-2 del capítulo 1).
6. Caracterizar la construcción de la historia explicativa, desde las tesis, argumentos y la interacción de los modos comunicativos.

Las categorías de análisis que corresponden a la dimensión 2 de la perspectiva retórico-argumentativa se resumen en la tabla 4.4, la que se muestra en la tabla 6.1 a efectos de facilitar la comprensión del lector de este capítulo, las de análisis de la multimodalidad que se usarán serán principalmente las categorías más inclusivas usando el tablero multimodal descrito en el capítulo 4. A continuación, se presenta la tabla 6.1 con las categorías que dirigen el estudio de esta historia.

Tabla 6.1. Dimensión 2. Primera parte: La visión argumentativa de la explicación.

Las premisas y las tesis		Identificación de las tesis. Orden de las tesis en la historia	
1. Las tesis y premisas en el discurso. ¿Cómo se desarrollan las Premisas en la construcción de la tesis?	[Premisas: Proposiciones que el orador considera compartidas por el auditorio.]	Tipos de premisas y tesis	De lo real De lo preferible Asumidas según los alumnos Hechos – Verdades- Presunciones Valores - Jerarquías de valores Lugares comunes Implícitas - Recientes – Anunciadas - Por construir
	[Presencia: Es hacer que ciertos elementos en la argumentación, puedan ocupar el primer plano de la conciencia.]	Formas de presentar las premisas y tesis ¿ Qué recursos usa el profesor para revestir de “presencia” la explicación?	Verbal: afirmaciones, descripciones, escritura, onomatopeya, énfasis, repetición, etc. Expresión matemática: Verbal o pizarra Visual (multimodal): gestualidad, dibujo, representación con objetos reales o imaginarios, repetición modal, etc.
2 Los Argumentos que justifican las tesis en la explicación. ¿Qué tipos de argumentos se encuentran en la explicación?	Argumentos de asociación Cuasi lógicos Adoptan leyes utilizadas en matemáticas o filosofía, marcados por la racionalidad) (TA-303-395)	Lógico. Relaciones comparativas o relaciones entre parte y totalidad	Contradicción e incompatibilidad Definición - identidad (definición y análisis) Análisis/tautología Regla de la justicia Reciprocidad/simetría/por los contrarios Transitividad
	Argumentos de asociación Basados en la estructura de lo real (TA-403-516)	Matemático entre las premisas y conclusiones	Las partes y el todo/ inclusión, adición/ división/dilema Comparación/por el sacrificio Complementariedad/compensación Probabilidad Deducción matemática**
		Enlaces de Sucesión (secuencial)	Argumento causal o causa-efecto Pragmático (hechos/ consecuencias) Medio-fin (despilfarro/redundancia/la superación) Por etapas/la superación/ aprovechamiento
		Enlaces de coexistencia. dado un fenómeno, se presentan fenómenos conectados con él.	Interacción: persona y sus actos / Acto y esencia Argumento de autoridad Propia (experiencia) Citación de autoridad Autoridad polifónica /la apelación al grupo. Relación simbólica Doble Jerarquía- Diferencias de grado y orden
	Argumentos de asociación. Enlaces que fundamentan la estructura de lo real. (TA-537-619)	Caso Particular	La ilustración El ejemplo La demostración como representación con objetos (reales o imaginarios) Modelo-anti modelo
	Argumentos de disociación (TA 627-698)	Analogía	Analogía y metáfora
			Separación de entidades o concepciones, o de estructuras argumentativas.
3 La interacción de los Argumentos ¿Cómo interactúan o se estructuran, los argumentos para formar los segmentos de la historia explicativa?	Macro argumentos. Se caracterizan por el tipo dominante.		Serie: Cada uno va en etapas formando una cadena la tesis del primero es premisa del segundo, etc., hasta confluir a la tesis final Paralelo: cada argumento aporta de forma separada en la justificación de la tesis Combinación de argumentos en una estructura mayor.
	Argumentos simples		
4 Otros aspectos retóricos/argumentativos	La presencia La comunión orador con la audiencia.		

Fuente: “Tratado de la argumentación” (TA) de Perelman (1958)

6.1.2 La presentación del análisis para “la carga eléctrica”.

Se presenta el análisis desde la construcción de la historia descrita desde la dimensión de categoría: la “visión argumentativa de la explicación”. Para construir la historia se tomaron trozos, secuenciales en el tiempo, de cada uno de los profesores, y se dispusieron según los contenidos; formando así la explicación de la carga eléctrica. El capítulo se estructura según el orden de la historia construida.

El orden del capítulo, la historia a los fines de los objetivos didácticos, se presenta compuesta por cinco partes, los tres primeros tomados de la profesora Montse, el cuarto de Laura y el quinto de Pere. Los apartados del capítulo son titulados según los argumentos que caracterice a cada segmento, y se desarrolla de la siguiente forma:

1. *El argumento por la ilustración en la explicación*: la carga eléctrica [A01_M, A05_M]. Explicada por la profesora Montse, e incluye: la apertura del tema, con la forma como se consigue la integración intelectual y emocional de la audiencia al desarrollo de la historia y la exploración de la visión del estudiantado. Está compuesta por cinco subapartados: a) la carga eléctrica es una propiedad de la materia, b) la ropa en la secadora, c) la mímica: un corrientazo, d) el coche se carga al andar y e) el cuerpo humano es un buen conductor.
2. *Argumento cuasilógico por identidad/definición*: las propiedades de la carga [A06_M, A09_M]. El fragmento de la explicación de la profesora Montse introduce y desarrolla la narración científica de cómo se van creando los significados científicos. Se centra en la presentación de las propiedades de la carga eléctrica.
3. *La demostración (con objetos reales o imaginarios) como argumento*: el fenómeno de la carga eléctrica [A10_M, A15_M]. El fragmento de la explicación de la profesora Montse introduce y se orienta a guiar a los estudiantes para trabajar con las ideas científicas (los significados científicos) y a su internalización. Desarrolla la explicación de las propiedades de la carga eléctrica y la carga de materiales, que se inicia con una demostración experimental de carga entre elementos. Está compuesta por cinco apartados: a) la preparación de la audiencia con la anticipación, b) la demostración experimental, c) las cargas de igual signo se repelen, d) conductores y aislantes, e) la conservación de la carga.
4. *El argumento cuasilógico por la división del todo y las partes*: la recapitulación de la clase explicada por Pere [A01_P, A05_P]. La recapitulación representa la apertura de la

clase con un repaso de lo visto en la clase anterior que servirá de cierre y para motivar el inicio de un nuevo apartado. Representa el cierre del tema introductorio de la carga eléctrica y del concepto de campo eléctrico con el uso del argumento cuasilógico de división. Es interesante, ya que persigue como objetivo paralelo al conceptual, la integración intelectual de la *audiencia*.

5. *El argumento por el ejemplo*: las líneas de campo y las cargas puntuales [B19_L, A25_L]. Explicada por Laura. Se guía al estudiante a aplicar el significado científico enseñado y, a extrapolarlo en un rango de contextos distintos. Corresponde a Laura explicando en un momento curricular posterior, y en que utiliza la premisa de las líneas de campo eléctrico. Presenta un ejemplo de representación gráfica en la pizarra, donde dibuja sistemas que muestran el comportamiento de una o de dos cargas eléctricas. Está compuesta por siete subapartados que recogen los argumentos por el ejemplo que se elaboran: a) el argumento de autoridad, b) ejemplo 1, dos cargas aisladas, la representación de $+2Q$, c) la representación de $-Q$, d) cierre del ejemplo 1: dos cargas aisladas de signo contrario, e) ejemplo 2, dos cargas de signos contrarios, f) ejemplo 3, dos cargas idénticas y positivas y finalmente g) la interacción argumentativa.

A continuación, se presenta el análisis de la historia construida: la carga eléctrica en los apartados que siguen.

6.2 La Ilustración en la explicación: La carga eléctrica.

El argumento de ilustración. Se trata de uno de los argumentos que fundamentan la estructura de lo real acudiendo a un caso particular. Este caso particular, como ilustración soporta una regularidad (regla) ya establecida o presentada anteriormente. Se consideran ilustraciones a aquellos casos con narraciones descriptivas, o “representaciones” que se hacen o se recuerdan con mímica y cuya finalidad básicamente consiste en presentar situaciones (fenómenos, relaciones) normalmente reales, como representativos de los casos que se plantean en una explicación científica.

En el desarrollo de esta historia se ilustró el concepto de la carga eléctrica desde el hacer cotidiano. En este apartado 6.2 se presenta cómo la profesora Montse construye significados para el concepto de carga eléctrica, apoyada en la ilustración. Se presenta un segmento de seis episodios, donde Montse da inicio a una segunda sesión de clases, e inicia recordando la clase

anterior sobre las propiedades de la carga eléctrica. En el análisis también se identifican elementos de la retórica, como son la categoría de *preparación de la audiencia*.

6.2.1 Introducción a la carga eléctrica





A continuación, se analiza el discurso de la profesora Montse en el episodio A01_M, tomando en cuenta la dimensión retórico-argumentativa y la multimodalidad de la explicación.

La clase se inicia tal como se recoge en la tabla 6.2, es una introducción al concepto de la carga eléctrica con el recuerdo de la **tesis 1** “la carga es una propiedad de la materia, como lo es la masa”. Efectivamente, Montse inicia la clase retomando lo dado en la clase anterior, y recuerda la tesis en ella ya propuesta que “la carga es una propiedad de la materia, así como ellos (los estudiantes) ya conocen que la masa es una propiedad de la materia”; este será su punto de partida, o sea su tesis inicial. En su historia Montse cuenta que personas desde la antigüedad se dieron cuenta que existía “algo” que tenía la propiedad de atraer objetos que muestra como una breve pincelada histórica (**premisa 2**).

Además de recordar la **tesis 1** de la clase anterior la Montse incorpora en su discurso algunas premisas, a las que dota de presencia con el recurso de su gestualidad y la estructuración del mismo discurso que repite la tesis de partida en una forma inversa que de hecho la refuerza. Montse también utiliza los recursos para **crear comunión** cuando se refiere a: “lo que **hicimos** ayer, **hablamos**, trabajamos, el **uso del diminutivo**”, que sigue acompañando de *gestualidad*; y además usa la expresión *gestual* como *recurso para incentivar a fijar la atención* (preparación de la audiencia) y **dar presencia** a lo dicho.

En la tabla 6.2 se presenta el primer episodio de la historia explicativa de Montse, episodio [A01_M]

Tabla 6.2. Clase de Montse. Introducción a la carga eléctrica. Oral y gestual. Episodio A01_M.

Clase N° 2 de Montse – Introducción- Carga Eléctrica			
Episodio [A01_M]	Apertura de la clase	Gestos + desplazamiento	
10:20 la profesora está preparando un retro proyector y las láminas (<i>ubicada en el centro detrás del escritorio</i>)			
			
10:24 (<i>se dirige hacia delante, extremo derecho</i>) Vamos a hacer un recuento rápido de lo que hicimos ayer (<i>con las manos tomadas al frente se dirige de nuevo hacia el centro de las pizarras, mantiene la mirada hacia el alumnado</i>) ayer hablamos de la carga eléctrica como una propiedad de la materia , una propiedad que (<i>mueve las manos hacia los lados</i>) hasta ahorita no habíamos tomado en cuenta porque nosotros			
			
(une las manos con los dedos juntos y camina moviendo las manos) con lo que trabajamos era con la masa (<i>llega a la esquina derecha</i>) como propiedad de la materia...eh...			
			
Hablamos de que antiguos se dieron cuenta que existía algo (se lleva las manos con los dedos juntos hacia sí, luego hacia fuera y luego extiende los dedos). que no sabían explicar lo que era, pero que era capaz (<i>abre y cierra los brazos repetidamente</i>) o tenía la propiedad de atraer objetos . (<i>se queda un momento con los brazos abiertos</i>). ¿okey? (<i>o-key: une y separa los dedos</i>) (<i>va a la pizarra</i>)			
			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6.3. se recoge la intervención oral y un resumen del análisis argumentativo retórico y elementos multimodales del episodio [A01_M], agrupando en tres columnas: a) la intervención oral, b) las tesis y premisas y c) las formas de presentar el discurso.

Tabla 6.3. Análisis de la introducción a la carga eléctrica. Tesis, premisas, multimodalidad y función
Clase #2 de Montse -. episodio A01_M.

Intervención de la profesora:	Tesis y Premisas	Formas de presentar y función
(a las 10:24 Montse se dirige hacia delante, extremo derecho) Vamos a hacer un recuento rápido de lo que hicimos ayer. ayer hablamos [1] de <u>la carga eléctrica como una propiedad de la materia</u> [P1] (=T1 de la clase anterior)	Tesis 1. La carga eléctrica es una propiedad de la materia. Tesis (de la clase anterior) = Premisa 1: La carga eléctrica es una propiedad de la materia. [P1] (premisa de verdad)	<i>Intervención oral y gestual:</i> [1] Recurso retórico para la preparación de la audiencia (recuerda lo que se explicó en la clase anterior, de tipo <i>recuerdos</i> , y <i>anticipaciones</i>). Función: Reubicar a la audiencia para que realice las conexiones con mayor facilidad al tema a explicar, o sea, su preparación a la explicación que sigue
una propiedad que hasta ahorita no habíamos tomado en cuenta porque nosotros con lo que trabajamos [2] era con la <u>masa... como propiedad de la materia</u> [P2]...	Premisa 2: La masa es una propiedad de la materia [P2] (<i>elaborada en clases anteriores ahora se recuerda y que hará función de premisa aceptada</i>) (premisa de hecho)	<i>Intervención oral y gestual:</i> [2] Recurso retórico de forma del discurso con uso de diminutivos y de primera persona plural pronombre y verbo. [Hasta ahorita no lo habíamos tomado en cuenta porque nosotros , que acompaña de gestos trabajamos] Función: crear la atmósfera de complicidad grupal, bus-cando la comunidad con el auditorio .
¡eh! Hablamos [3] de que <u>los antiguos se dieron cuenta que existía algo que no sabían explicar lo que era, [4]... pero que era capaz o tenía la propiedad de atraer objetos. [5]</u> (P3) ¿okey? (o-key: une y separa los dedos) [6]	Premisa 3: Los antiguos se dieron cuenta que existía algo que no sabían explicar [4] pero que tenía la propiedad de atraer los objetos. [5] (P3) (premisa de valor [4]) (<i>Se da valor al conocimiento histórico, a los antiguos.</i>) o (premisa de presunción [5]) (<i>Se supone que es cierto</i>) (Premisa de hecho <i>por la autoridad de la profesora todos aceptan lo de los antiguos</i> [4]+[5])	<i>Intervención oral:</i> [4], [5], [6] Recurso retórico para <i>preparación de la audiencia</i> (personas desde la antigüedad... se dieron cuenta que existía “algo” que tenía la propiedad de atraer objetos. (hay que tenerlo en cuenta porque lo dice la profesora y tendrá valor académico) (implícito que se ha de aceptar por el trabajamos, hablamos, el ¿okey? [6] y la actitud de los alumnos que no responden en contra)

[ver imágenes en la tabla 6.2]

Fuente: Elaboración propia

En este fragmento **no se identifica ningún argumento** y se resume en la tabla 6.4.

Tabla 6.4. Clase número 2 de Montse _Episodio A01_M – Introducción a la carga eléctrica

Tesis	Las Premisas	Forma de presentación y función
	<p>Premisa 1: (=Tesis 1) La carga eléctrica es una propiedad de la materia. (P1) (premisa de verdad)</p>	<p>Intervención oral y gestual: <i>Preparación de la audiencia</i> (recuerdos, y anticipaciones).</p>
<p>Tesis 1 (de la clase anterior): La carga eléctrica es una propiedad de la materia</p>	<p>Premisa 2: La masa es una propiedad de la materia (P2) (premisa de hecho) (de clase anterior)</p> <p>Premisas 3: Los antiguos se dieron cuenta que existía algo que no sabían explicar pero que tenía la propiedad de atraer los objetos. (P3) (premisa de valor) o (premisa de presunción) (premisa de hecho)</p>	<p>Intervención oral y gestual: <i>Comunión con el auditorio</i> (uso de diminutivos y de primera persona plural pronombre y verbo, y se acompaña de gestos).</p> <p>Intervención oral y gestual: <i>Preparación de la audiencia</i> (¡“Imagínate eso!” Uso de una narrativa corta)</p> <p><i>Comunión con la audiencia</i> (Uso de primera persona del plural, pregunta retórica que no espera respuesta)</p>

6.2.2 Argumento por ilustración: la ropa en la secadora.

En la tabla 6.5, se muestra el segundo episodio del segmento, [A02_M], donde Montse incluye en su explicación un *argumento por ilustración* para convencer a los estudiantes de que el fenómeno de electrificación se observa en el día a día, que será la tesis global o superior. Montse, inicia afirmando que “los experimentos de electrostática son difíciles” y lo justifica debido a la manipulación, la humedad, no estar aislado, no son fáciles de observar. Pero a su vez agrega que “todos conocen el fenómeno de la electrificación y que en más de una vez habrán notado fenómenos de electrificación”, e inicia este episodio (A02_M) presentando el caso de la ropa en la secadora por medio de un *argumento de ilustración*.

En este episodio se observan diferentes tipos de construcción de tesis apoyándose en el uso de lo cotidiano. La tesis superior o general del episodio es la **tesis 2 superior** que no se explicita pero que se infiere: “El fenómeno de electrificación se observa en el día a día”.

Además, se identifican otras tesis y premisas. Entre ellas, la **tesis 3**: “los experimentos de electrostática son difíciles de realizar”. Es una tesis que se está construyendo a lo largo de la clase en este y los siguientes episodios. Por lo que se cualificaría de tesis paralela, pero que para nuestra numeración será tesis 3. Esta **tesis 3 paralela** parte de la **premisa 4** (de hecho) recordando la clase anterior: “Habíamos hecho experimentos de electricidad muy sencillitos”, así como de la **premisa 5** construida en la clase anterior: “La carga eléctrica se puede obtener por frotamiento” (de hecho); y en la **premisas 6** de *presunción* (“los objetos materiales se descargan rápidamente” (P6), y que son justificadas ellas mismas así: “debido a la humedad o a “algo” (**premisa 7**), “si no está bien aislada, o no se manipula bien el material (**premisa 8**, que es una condición)”. Estas justificaciones se pueden interpretar también como un argumento en sí y una condición. **Argumento de causa - efecto** (la humedad o “algo” (del ambiente) causan la pérdida rápida de la carga de los objetos electrizados *Premisa 7*). Y se añade la condición: Los objetos electrizados se descargan rápidamente si (porque) no están aislados o no se manipula bien el material.



Montse da *presencia* a la **premisa 5** al ilustrar *representando por mímica* la carga por frotamiento *de forma repetida*: al frotar el torso con la mano, al frotar con el pulgar la palma de la mano, con la colocación de los dedos en “C”, como sosteniendo al material. De forma implícita se está introduciendo una tesis que rige todo el episodio: ***El fenómeno de electrificación se observa en el día a día***. Esta afirmación se basa en el conocimiento social de los estudiantes, y será fácil de aceptar. La vamos a numerar **tesis 2 superior**.

En la segunda fila de la tabla 6.5, Montse insiste en compartir con sus estudiantes, la cotidianidad de los fenómenos de electrostática al afirmar: “Ustedes habrán más de una vez experimentado con cargas eléctricas” (**premisa 9** de hecho), y que la actuación de Montse contribuye a situar la carga eléctrica dentro del contexto cotidiano de la audiencia, como algo común. Se empieza a introducir términos científicos, carga eléctrica es más formal que “electrizado”, para preparar a los estudiantes hacia la física formal.

A continuación, en la tercera fila de la tabla 6.5, se elabora de forma explícita otra tesis más concreta, la **tesis 8** explícita: ***La ropa en una secadora se electrifica*** que expresa: “La ropa que se saca de la secadora se ha electrizado”. Es la tesis central que se está construyendo en este episodio, de allí su nombre, **tesis 8** central explícita. Se presupone que la audiencia usa, o al menos ha visto usar, la secadora de ropa (**premisa 11** de verdad o de hecho). Montse la hace creíble o convence con un **argumento de ilustración visual** sin objetos reales, mediante una “representación” de elementos imaginados con mucha gestualidad o mímica de Montse

acompañada por comentarios verbales: “cuando uno saca la ropa de la secadora y...se queda pegada así y les cuesta despegarlas...y **suen**a eso quiere decir que está electrificada esa ropa...” (*Premisas 11 y 12*). A continuación, la tabla 6.5 con el episodio [A02_M] y luego se muestra el análisis en función de las tesis, premisas y argumentos en la tabla 6.6.

Tabla 6.5. Episodio A02_M. La carga eléctrica: La ropa en la secadora como *argumento de ilustración*.

CLASE N°2 DE MONTSE – Introducción- Carga Eléctrica Episodio A02_M Gestos + desplazamiento	
<p>10:25:00 habíamos hecho unos experimentos muy sencillitos... los experimentos de electrostática son difíciles ehh...(mueve las manos, tocando/separando los dedos) porque ehh se descargan muy rápidamente. esta carga eléctrica que (<i>une las palmas como tocando una superficie</i>). ..no es fácil esta parte (<i>señala la planta de la mano</i>) (<i>gesticula con los dedos índice y pulgar formando una C, y bajando la mano.. como colocando algo</i>) colocar (<i>une las manos al frente</i>) en un material..</p>	
	
<p>también ... (<i>mueve las manos al hablar</i>) debido a la humedad o algo se pierde muy fácilmente ... (<i>con los pulgares hacia afuera</i>) sino está bien aislada o no se trabaja con el material de manera adecuada ... También (<i>con las palmas hacia los alumnos</i>) no se puede (<i>frotar su palma con el índice</i>) cargar fácilmente la materia... (con los brazos en la espalda) este fenómeno de energía comentaba que (<i>se acerca al centro mientras habla, mirando siempre al alumnado</i>) ... ustedes habrán más de una vez (<i>gesto: se lleva la mano hacia si y luego la gira hacia fuera</i>) experimentado con cargas eléctricas estáticas...</p>	
	
<p>por ejemplo, cuando en una secadora uno saca la ropa (<i>simula cerrando los brazos y estirando varias veces</i>) y uno ve que... se queda pegada así (<i>une las palmas</i>) ... les cuesta despegarlas...suen además ... eso quiere decir que esta electrificada esa ropa</p>	
	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.6. Tesis y premisas. Episodio A02_M. Argumento por Ilustración Visual. Carga Eléctrica

CLASE #2 DE MONTSE - A02_M – Argumento por Ilustración.		
Intervención de la profesora:	Tesis y Premisas Argumentos	Forma de presentación y función
<p>10:25:00 <u>Habíamos hecho unos experimentos muy sencillitos. (P4) los experimentos de electrostática son difíciles ¡ehh! [T3]...</u></p> <p>porque ¡ehh! Se descargan muy rápidamente (P6) esta carga eléctrica que...</p> <p>.... no es fácil esta parte de colocar carga en un material también [T4]</p> <p>debido a la humedad o a “algo” (P7) se pierde muy fácilmente si no está bien aislada o no se trabaja con el material de manera adecuada (P8) [T5]</p> <p>También no se puede cargar fácilmente la materia [T6] este fenómeno de energía [T7].</p> <p>... comentaba que ... ustedes habrán más de una vez experimentado con cargas estáticas (P9) ... por ejemplo cuando en una secadora uno saca la ropa y uno ve... que se queda pegada así (P11) les cuesta despegarlas, suena, además, (P12) eso quiere decir que está electrizada esta ropa. (T8)</p>	<p>Tesis 2 superior: El fenómeno de electrificación se observa en el día a día. (implícita)</p> <p>Tesis 3 paralela: Los experimentos de electrostática son difíciles de realizar</p> <p>Premisa 4: Habíamos hecho experimentos de electricidad muy sencillitos. (de hecho)</p> <p>Premisa 5: La carga eléctrica se puede obtener por frotamiento. (de hecho) (clase anterior implícita aquí)</p> <p>Premisa 6: Los objetos /materiales se descargan rápidamente</p> <p>Tesis 4: No es fácil esta parte de la electrostática de colocar (carga) en un material también (es difícil)</p> <p>Tesis 5: La carga en un material se pierde muy fácilmente (prácticamente repite a la inversa la tesis 4 anterior)</p> <p>Tesis 6: (= Tesis 4) No se puede cargar fácilmente la materia (repite casi idéntica la tesis 4).</p> <p>Premisa 7: La humedad o “algo” hace perder carga (de presunción) o de (verdad) (porqué lo dice la profesora)</p> <p>Premisa 8 (condición): La carga se pierde muy fácilmente si no está bien aislada o no se trabaja con el material de manera adecuada (de verdad o presunción) (podría pasar a hecho si lo dice la profesora)</p> <p>Argumento causa efecto para Tesis 4, 5 y 6 por las premisas 7 y 8,</p> <p>Argumento de ilustración por la mímica</p> <p>Tesis 7: Los fenómenos de electrostática son fenómenos de energía.</p> <p>Argumento de Autoridad (porqué lo dice la profesora)</p> <p>Tesis 8 particular de la tesis 2 concretada al episodio: La ropa que se saca de la secadora se ha electrizado.</p> <p>Premisa 9: Ustedes habrán experimentado más de una vez con cargas eléctricas (P9) (premisa de hecho)</p> <p>Premisa 10 (De presunción): Se presupone que la audiencia usa o al menos ha visto usar la secadora de ropa. (P10)</p> <p>Premisa 11: Uno ve que la ropa que se saca de la secadora queda pegada (P11) (premisa de hecho)</p> <p>Premisa 12: Cuesta despegar la ropa y suena. (P12) (premisa de hecho) (con la intervención de la profesora las premisas que podrían ser de verdad se convierten en premisas de hecho, los alumnos no contradicen a la profesora).</p> <p>Argumento por la ilustración [P11, P12] (de un hecho cotidiano, la ropa queda pegada en la secadora por la carga)</p>	<p>Intervención oral y gestual:</p> <p><i>Da presencia</i> a la carga por frotamiento al representarlo de forma repetida: al frotar el torso con la mano, al frotar con el pulgar la palma de la mano, con la colocación de los dedos en C, como sosteniendo al material (gestualidad y repetición mímica)</p> <p>Sigue con gestualidad y mímica</p> <p>Se refuerza la P7 de presunción por un argumento de <i>causa–efecto</i>. La humedad causa la pérdida de la carga.</p> <p>Se refuerza la presunción P8 por la <i>condición</i>: si el elemento o material no está bien aislado la humedad o lo que sea, causará la pérdida de carga (o energía). Implícito hay un argumento de causa–efecto.</p> <p>Intervención oral y gestual:</p> <p><i>Da presencia:</i> Por cantidad (Ustedes habrán <u>más de una vez</u> experimentado con cargas eléctricas...).</p> <p>De esta forma ayuda a incluir la carga eléctrica dentro del <i>contexto cotidiano</i> de la audiencia, como algo <i>común y compartido</i>. Así también ayuda a crear comunión con la audiencia. [“Todos han experimentado con cargas alguna vez”] (sigue con mucha mímica que ayuda a ver lo que le pasa a la ropa).</p> <p><i>Da presencia</i> a la ilustración de la representación imaginaria con <i>gestualización (mímica)</i> con las manos sobre una ropa imaginaria, y con expresión verbal como queda pegada así, y suenan. [Al pegar las manos, como si fuese la ropa] [Al agarrar con las manos y abrir los brazos, simulando el despegar la ropa] [Al frotarse la mano para indicar que está llena de carga] [Al referirse a qué suena]</p>

Fuente: Elaboración propia

Esta actuación contribuye a hacer visible lo que se comenta. Montse, efectivamente da presencia a las premisas que dan soporte a la **tesis 8** particular de la **tesis 2 general** aplicada en este episodio: la ropa de la secadora se electriza usando la **representación imaginaria**, gestualizando con las manos: al pegar las manos, como si fuese la ropa, al agarrar con las manos y abrir los brazos, simulando el despegar la ropa, al frotarse la mano al final para indicar que está llena de carga, que en conjunto interpretamos como un **argumento de ilustración** visual. Se muestra el resumen del análisis argumentativo sobre el episodio A02-M en una tabla 6.7 simplificada.

Tabla 6.7 Tabla resumen de tesis, premisas y argumentos (Episodio A02_M)

CLASE #2 DE MONTSE - A02_M – Argumento por Ilustración. Carga Eléctrica		
Tipo de Tesis	Premisa	Argumentos
Tesis 2 superior: El fenómeno de la electrificación electrostática se observa cotidianamente	Premisa 4 de hecho: Habíamos hecho experimentos de electricidad muy sencillitos. (de hecho) (clases anteriores)	Macro argumento de Ilustración visual que parte de premisas que son Argumentos causa - efecto y de Argumentos visuales por Ilustración.
Tesis 3 paralela: Los experimentos de electrostática son difíciles de realizar.	Premisa 5 de hecho: La carga eléctrica se puede obtener por frotamiento (clase anterior). Premisas de presunción: Premisa 6: Los objetos materiales se descargan rápidamente.	
Tesis 4: No es fácil colocar (carga) en un material también (es difícil) [No se puede cargar fácilmente la materia] (Tesis 6)	Premisa 7: No es fácil cargar un material, debido a la humedad o a “algo” que hace perder carga. Premisa 8 (condición): Si no está bien aislada, o no se manipula bien el material (de verdad) (porque lo dice la profesora)	
Tesis 5: La carga en un material se pierde muy fácilmente (es inversa a Tesis 4)	Premisa 9: lo que dice la profesora es verdad.	
Tesis 7: Los fenómenos de electrostática son fenómenos de energía. (Verdad científica)		
Tesis 8 en el contexto concreto: La ropa en una secadora se electrifica	Premisa 9 de verdad: Ustedes habrán experimentado con cargas eléctricas Premisa 10 de presunción: Se presume que la audiencia usa o al menos ha visto usar la secadora de ropa. Premisa 11 de hecho: “cuando uno saca la ropa de la secadora y se queda pegada así y les cuesta despegarlas...” Premisa 12 de hecho: “cuando uno saca la ropa de la secadora ...y suena ...” (o lo han visto o se lo creen porque lo dice la profesora)	Argumento por Ilustración visuales con mímica

Fuente: Elaboración propia

6.2.3 ¡Un corrientazo!: La mímica y la onomatopeya.

En la tabla 6.8, se muestra el Episodio A03_M del segmento donde Montse continúa utilizando los *argumentos por ilustración visual* para reforzar su tesis del fenómeno de electrificación.


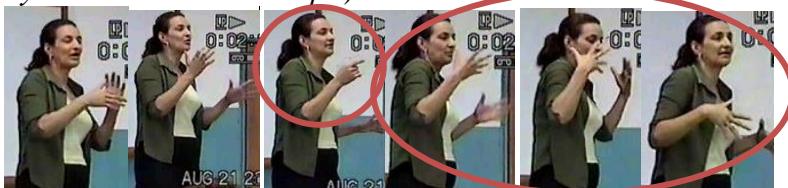
En este tercer episodio Montse realiza la ilustración del caso de llevarse como ella expresa: “*un corrientazo*”; es decir, una pequeña descarga eléctrica en el cuerpo humano, por ejemplo, cuando uno se baja del carro (coche) y coloca la llave en el portón del garaje. En ella se observa la tesis central que se defiende en este episodio: “**Más de uno se habrá pegado un corrientazo**” (Tesis 9 central), que parte del conocimiento de la audiencia sobre el significado de recibir un corrientazo (*premisa 13* de hecho, implícita). La explicación muestra la ilustración de un hecho cotidiano cuando una persona va a guardar el coche, la persona en el coche se carga y luego se descarga al tocar el portón. Montse usa dentro de la ilustración, que es un *argumento de ilustración visual*, una **premisa 14**, que corresponde a un lugar común: “A mí me pasa casi siempre...” que ayuda a dar fuerza al argumento de ilustración. El recorrer a esta premisa (a mí me pasa siempre) también tiene la función de contribuir a crear *la comunión con la audiencia*, su complicidad. En este caso, se utiliza como *recurso a la experiencia vivida*, que Montse supone compartida con los estudiantes.

En la primera fila de la tabla 6.8 se observa que la profesora *da presencia* a las *premisas* de la ilustración partiendo de la **premisa 15** implícita (de hecho): “la carga pasa fácilmente de un cuerpo conductor a otro”, cuando lo describe como una *experiencia propia*: “al correr... mi carro es así pequeño, ... yo me bajo del carro... yo estoy ... yo meto” (**premisa 16**, de hecho), Resaltado en círculos se observan *los gestos*: con el índice como tocando algo, señalándose a sí misma, indica el tamaño del coche con las manos, se señala de arriba hacia abajo.

En la segunda fila de la tabla 6.8 se observa que la profesora *da presencia* a las siguientes premisas y a la propia *ilustración* cuando acompaña la explicación con *la mímica* y la *onomatopeya* al hablar: “cuando me bajo del carro, toco el portón y “¡pah!”, “¡siempre, siempre! ... me pego un corrientazo...porque...” (**premisa 18**). Montse *da presencia* con la *representación del imaginario* cuando realiza *la mímica*, colocada de perfil y *apuntando con el índice* simulando introducir la llave, para luego *retirar y abrir la palma*. Y acaba el episodio con una intervención oral: “yo estoy con carga” ...” yo vengo cargada”, que sería la **tesis 10 paralela** al episodio dando *presencia* a la misma tesis: “yo llevo carga en mi cuerpo”, haciendo ver “a la carga” con los gestos al señalarse de arriba abajo barriendo los brazos.

A continuación, la tabla 6.8 con el episodio A03_M

Tabla 6.8. Episodio A03_M. La carga eléctrica: Representación de un Corrientazo.

CLASE N°2 DE MONTSE – Introducción- Carga Eléctrica Episodio A03_M Un “Corrientazo” (Mímica + Onomatopeya)	
<p>Más de uno se habrá pegado un corrientazo (<i>con el índice como tocando algo</i>), a mi (gesto) me pasa casi siempre (<i>agita la mano</i>) y claro cuando yo me bajo del carro...mi carro es así (<i>mueve las manos indicando el tamaño</i>) pequeño (<i>mueve las manos</i>) cuando yo me bajo del carro... yo estoy (<i>dirige las manos hacia ella y se señala de arriba abajo: “yo”</i>) como con carga eléctrica ... si yo meto</p> 	
<p>(<i>simula con el índice introducir la llave</i>) ... la llave (<i>mientras habla retrocede hacia la pizarra</i>) en el portón de mi casa (<i>simula de nuevo con el índice</i>) ... ¡Pah! (gesto + voz: <i>simula encogiendo los hombros, cerrando los ojos y levantando bruscamente la mano abierta</i>) ¡siempre! ... (<i>¡siempre!: enfatiza con la mano arriba, cerrando los ojos y bajando la mano</i>) siempre! me pego (<i>palpada, resbalando las manos</i>) un corrientazo (<i>el índice y la palma abierta luego</i>), ... porque yo vengo cargada (gesto “yo” <i>señalando su cuerpo</i>)</p> 	

Fuente: Elaboración propia

Se muestra el análisis realizado sobre el episodio A03_M en la tabla 6.9

Tabla 6.9. Análisis argumentativo en A03_M. Onomatopeya y mímica en carga eléctrica.

Tesis 2 Superior: El fenómeno de la carga de materiales es un hecho que está siempre presente en el hacer cotidiano. <i>Argumento de Ilustración por representación imaginaria</i>		
Intervención de la profesora:	Tesis, Premisas y Argumentos	Forma de Presentar y función
<p>...más de uno se habrá pegado un corrientazo (<i>con el índice tocando algo</i>) [T9], a mí me pasa casi siempre (<i>agita las manos</i>) (P14) y claro cuando yo me bajo del carro...mi carro es así (<i>mueve las manos indicando el tamaño</i>) pequeño (<i>mueve las manos</i>) (P16) cuando yo me bajo del carro... yo estoy (<i>dirige las manos hacia ella y se señala de arriba a abajo: "yo"</i>) como con carga eléctrica [T10] si yo meto... (<i>simula con el índice introducir la llave</i>)... la llave (<i>mientras habla retrocede hacia la pizarra</i>) en el portón de mi casa (<i>simula de nuevo con el índice</i>).... Pah! (<i>gesto + voz: simula encogiéndose los hombros, cerrando los ojos y mano abierta</i>) ¡siempre! (<i>¡siempre! enfatiza con la mano arriba, cerrando los ojos y bajando la mano</i>) ¡siempre! me pego (palmada, resbalando las manos) ¡un corrientazo! (<i>el índice y la palma abierta luego</i>) (P17, P18) <u>porque yo vengo cargada...</u>[T11] (expresada de otra manera) (gesto "yo" señalando su cuerpo)</p>	<p>Tesis 9 central: [T9] Más de uno se habrá pegado un "corrientazo" en su vida cotidiana</p> <p>Premisa 13: (de hecho) La audiencia conoce lo que es recibir un corrientazo. (<i>implícita</i>)</p> <p>Tesis 10 que personaliza: Yo vengo cargada al bajarme del carro.</p> <p>Premisa 14 de hecho: A mí me pasa casi siempre... (se apoya sobre un lugar común de cantidad)</p> <p>Premisa 15: La carga pasa fácilmente de un cuerpo conductor a otro (construida en la clase anterior, aquí implícita) (de verdad)</p> <p>Premisa 16: Me bajo de mi carro que es así de pequeño (de hecho)</p> <p>Premisa 17: Mi llave y la cerradura son conductores (de hecho, implícita)</p> <p>Premisa 18: Al poner mi llave en la cerradura de mi casa, recibo un corrientazo ¡pah! siempre, ¡siempre! me pego un corrientazo. (de hecho) (se apoya sobre un lugar común de cantidad)</p> <p>Tesis 11: Mi carga por frotación con el coche va a través de la llave de mi cuerpo a tierra y me causa el corrientazo. [Las premisas 15, 16, 17 y 18 de la Tesis 10]</p> <p>Argumento por ilustración visual: La ilustración de una representación con objetos imaginarios (de un hecho cotidiano, carga en el coche y descarga al tocar el portón) Se refuerza con un Argumento de causa –efecto que se muestra a través de mímica + onomatopeya.</p>	<p>Intervención oral y gestual: <i>Da presencia a Tesis 9 y premisa 13:</i> recuerda experiencia vivida por la audiencia ya que más de uno se habrá pegado un corrientazo. Parte de un conocimiento compartido.</p> <p><i>Da presencia a premisa 14:</i> Refuerza la premisa con su propia experiencia: a mí me pasa casi siempre. También tienen la función de crear comunión con la audiencia, complicidad...</p> <p><i>Da presencia a la ilustración:</i> dando detalles de lo que hace y de que le pasa hablando y gestualizando [...mi carro es así. pequeño] [... yo me bajo del carro] [... yo estoy] [... yo meto] <i>Da presencia a la premisa P18</i> con la onomatopeya acompañada de gestos: ¡pah!, ¡Siempre, siempre! ... me pego un corrientazo... <i>Da presencia a Tesis de la carga</i> en el cuerpo con los gestos barriendo los brazos al cuerpo, cuando dice [yo vengo cargada] <i>Da presencia a la Tesis 11</i> mostrando el efecto de poner la llave en la puerta y ¡Pah!</p>

Fuente: Elaboración propia

Se complementa la tabla anterior con una tabla resumen de Tesis, premisas y argumentos sobre el episodio A03_M en la tabla 6.10.

Tabla 6.10. Resumen argumentativo en A03_M. La carga de los objetos como fenómeno cotidiano.

Onomatopeya y mímica en el caso de bajar de un coche y poner la llave en la puerta.		
Tesis	Premisas	Argumentos
Tesis 9 central: Más de uno se habrá pegado un “corrientazo” en situaciones de la vida cotidiana	Premisa 13: (de hecho) La audiencia conoce lo que es recibir un corrientazo. (Implícita)	Argumento por ilustración visual por representación con objetos imaginados (de un hecho cotidiano, carga en el coche y descarga al tocar el portón)
Tesis 10 que personaliza: Yo estoy con carga eléctrica / Yo vengo cargada al bajarme del carro.	Premisa 14 de hecho: A mí me pasa casi siempre , ... (se apoya sobre un lugar común de cantidad)	
Tesis 11: Mi carga pasa a través de mi llave a la puerta y a tierra y noto un corrientazo	Premisa 15: La carga pasa fácilmente de un cuerpo conductor a otro (construida en la clase anterior, aquí implícita) (de verdad) Premisa 16: Me bajo de mi carro que es así de pequeño (de hecho). Premisa 17: Mi llave y la cerradura son conductores (de hecho, implícita) Premisa 18: Al poner mi llave en la cerradura de mi casa, recibo un corrientazo ¡pah! , siempre, ¡siempre! me pego un corrientazo . (de hecho) (se apoya sobre un lugar común de cantidad)	Se refuerza con un Argumento de causa efecto (causa: tener carga acumulada en el cuerpo), y [a través de mi llave la carga pasa a la puerta] y (causa: la carga moviéndose hacia tierra) causa mi corrientazo. (cadena de dos causa-efecto)

Fuente: Elaboración propia

6.2.4 El coche se carga al correr – refuerza los fenómenos de electrificación son cotidianos.

En la tabla 6.11, se muestra el episodio [A04_M] del segmento donde Montse continúa utilizando los *argumentos por ilustración usando* representación con objetos imaginarios) para reforzar su *tesis 2 superior* implícita del fenómeno de electrificación: “el fenómeno de la carga de materiales es un hecho que está siempre presente en el hacer cotidiano” (tesis que está




presente en todos estos episodios que comentamos aquí. En su explicación se observa el uso de la *representación con objetos imaginados*. La profesora Montse, *usa sus brazos* para imitar los neumáticos del coche al correr. Se observa cómo se continúa la construcción de la tesis superior que ya había empezado en los apartados anteriores:

La **tesis 12** central que se construye en este episodio A04_M es otra ilustración del fenómeno de la carga al entorno cotidiano: “El coche al correr se carga”, que parte del conocimiento de la audiencia de que un material puede cargarse debido a la fricción (carga por frotamiento) (*premisa 19 de verdad (hecho) = premisa 5*, del episodio A02_M) comentada en clases anteriores. Porque “los cauchos al rotar se cargan por fricción” (*premisa 20*), y cargan el exterior del coche, que es un conductor. El argumento que se usa es: “los cauchos al rotar y tocar al suelo, por frotamiento se cargan” y “pasan la carga al chasis del coche por conducción” (*premisa 21*). Existen otras premisas como: a) “existen cargas positivas y negativas” (*premisa 22 de verdad*) que es una premisa reciente, construida en la clase anterior, b) “el chasis del coche es un conductor” (*premisa 24 de hecho*) y c) “en los materiales conductores la carga se ubica en los bordes” (*premisa 25 de presunción*). También podría ser otra tesis, pero la profesora la usa como una premisa ya aceptada por los estudiantes. Y para destacar como enseña la profesora Montse, en la tabla 6.11 se muestra una representación con objetos imaginarios en la que se ve como la *gestualidad y mímica* de la profesora puede ayudar a convencer a los estudiantes.

La representación del imaginario con la mímica: Yo soy el coche.

En la primera fila de la tabla 6.11, se observa que la profesora da *presencia* a los neumáticos del coche en movimiento, colocándose de perfil y *haciendo círculos con los brazos*. En la segunda fila de imágenes continúa la representación del coche en movimiento y ahora representa la *acumulación de carga por el frotamiento con el gesto de sus manos*, al friccionar sus palmas. En la tercera fila realiza la *repetición* para *aumentar la presencia*. En la cuarta fila representa al exterior del coche para *dar presencia a la distribución de la carga en el coche* como elemento conductor.

Tabla 6.11. Episodio A04_M. La carga eléctrica: El coche se carga al correr

CLASE #2 DE MONTSE – Introducción- Carga Eléctrica Episodio A04_M: El Coche se carga (yo, soy el coche)	
10:26:25 ...entonces (<i>gesticula mueve los brazos, indicando roce, adelantándose a lo que va a decir</i>) ¿qué pasa? (<i>gesto: pregunta, con la palma hacia el techo</i>) ... pueden ser (con la cabeza inclinada y la mano al frente) varios motivos... pero... (<i>se detiene haciendo una posición de lado con los brazos atrás</i>) por fricción cuando el carro va andando (<i>mueve los brazos hacia adelante</i>) las ruedas del carro	
	
están rotando ... (<i>hace el gesto de rotación con los brazos llevando las manos hacia su pecho hacia arriba y hacia afuera</i>) y con el suelo ellas se van cargando... (<i>fricciona sus palmas entre sí</i>) ¿okey? (<i>gira las muñecas de las manos hacia adentro sin hablar...</i>)	
	
se adelanta a lo que va a decir entonces allí ellas se cargan y ellas (<i>con las manos abiertas hacia sí misma</i>) al cargarse... supongamos que, con cargas positivas, (de perfil hace el movimiento circular con los brazos) o una carga negativa (<i>retrocede mientras repite el movimiento circular</i>) ... ¿okey?	
	
entonces todo el rededor está cargado... toda la carga negativa, ustedes saben que el carro (<i>dibuja el carro con las manos</i>) es un conductor ¿okey?... toda la carga negativa del carro se aleja de las ruedas... (<i>empuja con las palmas hacia arriba</i>) okey y se ponen en los bordes (<i>separa las manos indicando distancia o separación</i>) (<i>va de la pared hacia delante</i>)	
	

Fuente: Elaboración propia

Se resume lo analizado en el episodio A04_M en la tabla 6.12.

Tabla 6.12. Análisis argumentativo en A04_M: “yo soy el coche” y me cargo con carga eléctrica

Tesis Superior: El fenómeno de la carga de materiales es un hecho que está siempre presente en el hacer cotidiano. (que ya se encuentra en los episodios anteriores)		
Intervención de Montse A04-M	Tesis, Premisas y Argumentos	Forma de Presentar y función
<p>(sigue con el coche y yo voy cargada...)</p> <p>10:26:25 ...entonces (<i>gesticula moviendo los brazos, indicando roce, adelantándose a lo que va a decir</i>) ¿qué pasa? (<i>gesto: pregunta con la palma de la mano hacia el techo</i>) pueden ser varios motivos... peroo... por fricción [T12]</p> <p>(<i>se detiene haciendo una posición de lado con los brazos atrás</i>) cuando el carro va andando (<i>mueve los brazos hacia delante</i>) las ruedas del carro están rotando y (<i>hace el gesto de rotación con los brazos llevando las manos hacia su pecho hacia arriba y hacia fuera</i>) (frotan) con el suelo (P18) ellas se van cargando (<i>fricciona las palmas entre sí</i>) [T13]...</p> <p>¿okey? Entonces allí ellas se cargan (<i>con las manos abiertas hacia sí misma</i>) y ellas al cargarse, supongamos que con cargas positivas (<i>de perfil hace el movimiento circular con los brazos</i>), o una carga negativa (P20) (<i>retrocede mientras repite el movimiento circular</i>) ... ¿okey? Entonces todo el alrededor está cargado... toda la carga negativa, ustedes saben que el carro (<i>dibuja el carro con las manos</i>) es un conductor (P21) ¿okey?... toda la carga negativa del carro se aleja de las ruedas (<i>empuja con las palmas de la mano hacia arriba</i>) ... ¿okey? y se ponen en los bordes. (<i>separa las manos indicando distancia o separación</i>) (P22) (<i>va de la pared hacia delante</i>).</p> <p>[ver imágenes en la tabla 6.10]</p>	<p>Premisa 19: (=Premisa 5) Los cuerpos se pueden cargar por fricción entre sí (carga por frotamiento) (aunque sean aislantes) (construida en episodios anteriores) (de hecho, por su aceptación en la clase)</p> <p>Tesis 12 central: El coche al correr se carga por fricción. De verdad o conceptual.</p> <p>Tesis 13 particular de episodio: El carro (coche) al correr las ruedas están rotando y con la fricción con el suelo se van cargando.</p> <p>Premisa 20: Cuando el carro va andando las ruedas del coche están rotando y (frotan) con el suelo. (de hecho)</p> <p>Premisa 21: Se pasa carga de las ruedas al chasis del coche (de presunción)</p> <p>Premisa 22: (de clases anteriores): Existen cargas positivas y cargas negativas (de verdad). (de clases anteriores)</p> <p>Premisa 23: Las ruedas se pueden cargar positiva o negativamente. Suponemos que se carga con cargas negativas. (de presunción)</p> <p>Premisa 24: El coche es un conductor (de hecho)</p> <p>Premisa 25: Toda la carga negativa del coche se aleja de las ruedas por ser conductor y se pone en los bordes (de presunción o de verdad porque lo dice la profesora)</p> <p>Argumento por causa efecto: La carga adquirida por fricción de los cauchos al rotar y tocar el suelo causan carga en el chasis del coche que es conductor; pasa a Montse y a la llave causando el corrientazo +</p> <p>Argumento por ilustración: todo el episodio es una representación al realizar una mímica del coche y los neumáticos al rotar.</p>	<p><i>Intervención oral y gestual:</i> Pregunta retórica. ¿qué pasa? (no espera respuesta de los alumnos y responde ella misma: Pueden ser varios motivos ... (Existen muchas posibles causas, una a destacar: la fricción) Usa mucho la pregunta ¿Okey? Que no espera respuesta, pero que sería un indicio de promover la implicación de los alumnos, como un primer nivel de creación de comunión con el auditorio.</p> <p>Representación de la profesora con gestualidad y mímica sobre lo que pasa y su interpretación <i>Da presencia</i> al coche con la mímica: [yo soy el coche] (lo dice con gestos) <i>Da presencia</i> al movimiento de rotación de los cauchos girando los brazos. <i>Da presencia</i> del roce con las palmas al frotarlas entre sí.</p> <p>Función: Hacer visible de lo que se habla, premisas y tesis. Además de crear la atmósfera de complicidad grupal, buscando la comunión con el auditorio ya que todos “ven” lo mismo.</p>

Fuente: Elaboración propia

Y a manera de síntesis podemos decir que hay una tesis fundamental de episodio: El carro (coche) se carga al correr, carga que va pasando a través de los cuerpos que están en contacto hasta llegar a la llave de Montse, que al poner la llave en su cerradura conductora se descarga con un “corrientazo”. Podemos verlo como *argumentos de causa -efecto consecutivos*. Dentro de una *Ilustración visual con representación* mediante gestualidad y mímica.

6.2.5 El cuerpo humano es un buen conductor y se carga.

En la tabla 6.13, se muestra el Episodio [A05_M] del segmento donde Montse, continúa la explicación del segmento anterior con el carro y utiliza la representación para teatralizar lo que habla. En la primera fila de la tabla se tiene la **Tesis 14**: “*El cuerpo humano se carga por contacto y roce de la ropa con el material del asiento del coche*”, cuando Montse expresa “aparte de eso, cuando uno está sentado y se mueve (agacha un poco el cuerpo y se mueve a la derecha, imitando el movimiento) para pararse del carro (“salir del coche”) uno roza (toca su ropa hacia abajo, señalando el roce) su cuerpo y su ropa (mueve las manos frotando torso y palma entre sí) la roza con el cuero o con la piel del asiento del carro” (vuelve a tocar su ropa).

En este episodio se parte de la **premisa 27** de verdad “la carga estática se va a tierra si no se aísla el material donde se encuentra”. Si lo acaba de enunciar la profesora y todos los alumnos lo aceptan podría considerarse de hecho. En la tabla 6.13 se observa resaltado con óvalos en rojo, *el uso de la gestualidad* de los brazos, manos junto con el movimiento del torso, realizando la *representación de la carga en el cuerpo y como esta se va a tierra*, para que se puedan “ver” juntamente la explicación verbal con la gestualidad de la profesora. En la tercera fila Montse hace uso de la puerta como *objeto imaginario*, y de la *onomatopeya* para *dar presencia* a su explicación: “uno se carga cuando se mueve y roza con el carro, y si uno está aislado, y toca algo conectado a tierra => **¡pah!** uno se descarga...la carga se va a tierra a través de uno...”, que será la **Tesis 15**: “La carga en el cuerpo humano aislado, al tocar otro cuerpo conductor se descarga y se nota un corrientazo, ¡pah!” ya que no se ha trabajado en clases anteriores.

En la cuarta fila de la misma tabla, se completa la construcción de la **premisa 29**: “el cuerpo humano es un buen conductor”, Montse introduce el término “resistencia” en una premisa que será desarrollada en clases posteriores; y continúa agregando más característica a la carga eléctrica cuando dice: “hay que tener cuidado con lo que se toca, debido a las descargas que podamos recibir” (**Tesis 16**). En este episodio, en global se ve como una *argumentación por ilustración* para la **tesis 17 general** (implícita): “Algunos cuerpos (conductores) pueden

descargarse fácilmente al tocar con otro cuerpo conductor, no aislado del suelo, y así producir corrientazos (la persona que los toca siente la descarga al hacer tierra)”.

Tabla 6.13. Episodio A05_M. El cuerpo humano es buen conductor

CLASE N°2 DE MONTSE – Introducción- Carga Eléctrica Episodio [A05_M]: El cuerpo humano es buen conductor.	
<p>10:27 Aparte de eso cuando uno está sentado (<i>agacha un poco el cuerpo</i>) y se mueve (<i>se mueve a la derecha, imitando el movimiento</i>) para pararse del carro (“salir del coche”) uno roza mueve (toca su ropa hacia abajo, señalando el roce) ...su cuerpo y su ropa (<i>mueve las manos frotando torso y palma entre sí</i>) la roza con el cuero o con la piel del asiento del carro... (<i>vuelve a tocar su ropa</i>)</p>	
	
<p>...entonces también se crea una carga estática y esa carga se va a tierra (<i>gesto: de la cabeza a los pies</i>) si uno no está bien aislado... (<i>señalando hacia abajo</i>) pero si uno tiene unos zapatos (<i>indica con el dedo índice y pulgar</i>)</p>	
	
<p>que lo aíslan de la tierra... entonces uno toca cualquier otra cosa conectada a tierra (<i>se dirige hacia la puerta y toca el marco de metal</i>) y pah! (<i>gesto de un semicírculo con el índice de la otra mano, indicando hacia abajo</i>) se va a tierra... por ahí se va la carga que uno tiene</p>	
	
<p>se va a tierra. (gesto con la mano en semicírculo hacia abajo) uno es un buen conductor. El cuerpo humano (<i>se adelanta</i>) (<i>gesto yo:</i>) es un buen conductor... (<i>retrocede hacia la pizarra y luego hacia la izquierda</i>) él tiene su resistencia, pero el conduce la corriente ...por eso hay que tener cuidado...por donde meten la manito (<i>señala con el índice hacia un lado</i>) pero eso es lo que pasa y seguramente algunos de ustedes habrán tenido experiencias de este tipo...</p>	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6.14 se muestra el análisis separando en tres columnas a) contenido de la intervención, b) premisas, tesis, argumentos y c) forma de presentar el discurso.

Tabla 6.14. Análisis argumentativo de A05_M: “el cuerpo humano es un buen conductor”

Tesis 2 Superior: El fenómeno de la carga de materiales es un hecho que está siempre presente en el hacer cotidiano. (que ya se encuentra en los episodios anteriores)		
Intervención de Montse A05_M	Tesis, Premisas y Argumentos	Forma de Presentar y función
<p>10:27 ... aparte de eso cuando uno está sentado (<i>agacha un poco el cuerpo</i>) y se mueve (<i>se mueve a la derecha, imitando el movimiento</i>) para pararse del carro (“salir del coche”) ... uno roza mueve (<i>toca su ropa hacia abajo, señalando el roce</i>) ... su cuerpo y su ropa (<i>mueve las manos frotando torso y palma entre sí</i>) la roza con el cuero o con la piel del asiento del carro (<i>vuelve a tocar su ropa</i>) (P25)...[T14] ... entonces también se crea una carga estática y esa carga se va a tierra (<i>gesto: de la cabeza a los pies</i>) si uno no está bien aislado...(señalando hacia abajo) [P26]</p> <p>pero si uno tiene unos zapatos (<i>indica con el dedo índice y pulgar</i>) que lo aíslan de la tierra...[P26] entonces uno toca cualquier otra cosa conectada a tierra (<i>se dirige hacia la puerta y toca el marco del metal</i>) y pah! (<i>gesto de un semicírculo con el índice de la otra mano, indicando hacia abajo</i>) [T15] se va a tierra... por ahí se va la carga que uno tiene se va a tierra...[P27] (<i>gesto con la mano en semicírculo hacia abajo</i>) uno es un buen conductor... el cuerpo humano (<i>se adelanta</i>) (<i>gesto yo</i>) es un buen conductor... (<i>retrocede hacia la pizarra y luego hacia la izquierda</i>) [P28] él tiene su resistencia, pero él conduce la corriente ... por eso <u>hay que tener cuidado... por donde meten la manito</u> [T16] (<i>señala con el índice hacia un lado</i>) pero eso es lo que pasa y <u>seguramente algunos de ustedes habrán tenido experiencias de este tipo</u> [P29]</p>	<p>Tesis 14: El cuerpo humano se carga por contacto y roce de la ropa con el material del asiento del coche.</p> <p>Premisa 26: “uno en el coche, al moverse roza su ropa con el asiento” (carga por frotamiento (hecho, ya elaborada anteriormente)</p> <p>Argumento de ilustración con gestualidad y mímica</p> <p>Tesis 15: La carga en el cuerpo humano aislado, al tocar otro cuerpo conductor se descarga y se nota un corrientazo, ¡pah!</p> <p>Tesis 16: Hay que tener cuidado con lo que se toca debido a las descargas que podamos recibir.</p> <p>Premisa 27: “se crea una carga estática y esa carga se va a tierra si uno no está aislado” (verdad),</p> <p>Premisa 28 (reciente): “si uno está aislado, esa carga, cuando uno toca cualquier cosa conectada a tierra, por ahí se va la carga (hecho)</p> <p>Premisa 29: El cuerpo humano es un buen conductor, él tiene su resistencia, pero él conduce la corriente. (hecho)</p> <p>Premisa 30: Seguramente ustedes habrán tenido experiencias de este tipo (presunción)</p> <p>Tesis 17 general: “Algunos cuerpos (conductores) pueden descargarse fácilmente al tocar con otro cuerpo conductor no aislado del suelo y así producir corrientazos (en la persona que los toca)”</p> <p>Argumento visual de ilustración con gestualidad y mímica (completa el anterior)</p>	<p>Representación de la profesora con gestualidad y mímica</p> <p><i>Da presencia</i> al frotamiento entre la ropa y el asiento con la mímica</p> <p><i>Da presencia</i> a la carga en el cuerpo, con el gesto alrededor de su cuerpo.</p> <p><i>Da presencia</i> al corrientazo con la onomatopeya ¡pah!</p>

Fuente: Elaboración propia

6.3 Argumento cuasi lógico por identificación: propiedades de la carga eléctrica.

Los *argumentos cuasilógicos*, recurren a relaciones similares a los lógicos y matemáticos, establecen relaciones: de contradicción, transitividad, de la parte y el todo, igualdad y diferencia de frecuencia o probabilidad y el de la definición. Un argumento muy utilizado en las clases es el de “*identidad y definición*” y se basa en la identificación de diversos elementos que son objeto del discurso y/o la discusión sobre el significado de una definición y de sus partes o componentes. Este argumento es una de las técnicas esenciales de la argumentación, y se le considera del tipo cuasilógico cuando da lugar a una justificación argumentativa. El uso de la *definición* para adelantar un razonamiento, parece ser del tipo clásico de la argumentación cuasilógico usado por el profesor.

El procedimiento más característico de *identificación completa* consiste en el *uso de definiciones*, y entre los tipos de definiciones que conducen a la identificación, se distinguen: la descriptiva y la condensada al enumerar las propiedades de la carga.

Montse ya ha introducido a la clase con el fenómeno de la carga eléctrica en los materiales como un hecho cotidiano, ahora con una expresión (“Amjá”) y una pausa, redirige la explicación a otro segmento. Montse se dirige detrás del escritorio para retomar de la clase anterior, las propiedades de la carga eléctrica... (*preparación de la audiencia* ¿Qué haremos a continuación? con el recuerdo) En la tabla 6.15, se muestran cinco filas que contienen cuatro episodios [A06_M, A09_M], dirigidos a la *identificación de las características de la carga*, las cuales son copiadas en la pizarra mientras se presentan.

El Episodio A06_M sirve para traer a la memoria la tesis construida en la clase anterior, estableciendo los acuerdos de éstas para su uso como nuevas premisas. Se desarrolla la premisa reciente: “la carga puede ser de dos tipos positiva o negativa. Arbitrariamente se le había asignado a la carga del vidrio cuando se frota el ser *positiva*, y a la del ámbar cuando se frota el plástico se le llama *negativa*. Para *dar presencia* a la explicación, utiliza la pizarra y escribe lo que ha dicho sobre la propiedad de la carga. Y con la pregunta: ¿Se acuerdan? busca la *comunidad de la audiencia*.

En el episodio A07_M resalta con la *repetición* al iniciar y al terminar la oración: “que “arbitrariamente” se designó la carga que se deposita en el vidrio cuando uno lo frota, se le había asignado como carga positiva (*gesto de frotar una mano sobre la otra*). y la del plástico, a

la del ámbar cuando se frota, entonces se le asignó el signo negativo... pero de “manera arbitraria”.




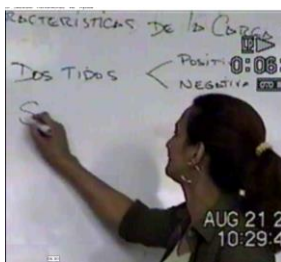
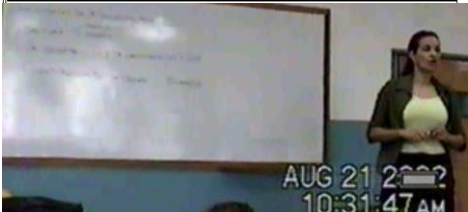
En el episodio A08_M presenta la segunda característica, “la carga se conserva”, y la reviste de importancia cuando la señala como “la base de todo el edificio de la Física”, usando un edificio, como metáfora, que representa que de todas las cuatro leyes de conservación que fundamentan a la Física, y que enumera, del momento lineal, del momento angular y de la energía, la principal es la conservación de la carga. Esta afirmación es una forma de dar *presencia* a la premisa de la “carga se conserva”. En este caso es una premisa tipo verdad de la física, que se transforma en tesis argumentada con un *argumento de autoridad* que puede atribuirse a la profesora como académica, pero también porque aunque aquí no se diga, es una verdad que será aceptada fácilmente por el hecho que tienen la misma estructura que una frase aceptada en el ámbito científico como verdadera para la energía, y repetida muchísimas veces, esta frase resuena como similar, es fácil de aceptar por la propia autoridad del discurso científico. O sea, que podría interpretarse también aquí un *argumento por analogía*.

En el episodio A09_M, inicia con una pregunta retórica para verificar la atención del estudiantado: “y la otra característica era que la carga ¿estaba?”, y se escucha que responden, y continua en sentido interrogativo: “¿esto quiere decir? (estudiantes responden), ¿qué quiere decir que está cuantizada? ...que viene en paquetes, un *quantum* es un paquete. Cualquier objeto cargado tiene un número de veces la carga del electrón, que es la carga básica fundamental. No puede ser arbitrario”. Luego se acerca al estudiantado y afirma: “La carga no se presenta en la naturaleza con cualquier valor, magnitud, cantidad...siempre es un número de veces, que es entero, de la magnitud del electrón, que es del orden de diez elevado a menos diecinueve coulomb”.

Se resume el análisis de lo observado en la tabla 6.16.

..

Tabla 6.15. Episodios A06 hasta A09_M. Las características de la carga eléctrica

<p>...CLASE #2 DE MONTSE – Introducción- Carga Eléctrica</p> <p>Episodios A06-A09_M: cierra características, e inicia propiedades</p> <p>A06_M 10:28 Amjá ... Decíamos que la carga... las propiedades de la carga ... Perdón las características de la carga...habíamos nombrado tres ...una era (<i>busca en el bolso mientras habla, saca dos libros grandes y gruesos, y el rotulador para dirigirse a la pizarra</i>) que existían solo dos tipos de cargas, o positiva o negativa, ¿recuerdan? (<i>repite</i>) Decíamos que la carga podía ser de dos tipos o positivas o negativas... ¿se acuerdan? Las características... (<i>comienza a escribir en la pizarra en silencio</i>) decíamos entonces que había dos tipos carga positiva y carga negativa (<i>escribe</i>)</p>	
	<p>Características De la Carga</p> <p>1) Dos Tipos $\begin{cases} \text{positiva} \\ \text{negativa} \end{cases}$</p> <p>(Montse escribe en la pizarra)</p>
<p>A07_M 10:29 (<i>Se gira, y se dirige adelante hacia el alumnado</i>) que arbitrariamente se le había asignado a la carga que se eh produce en el vidrio... que se deposita en el vidrio cuando uno lo frota, se le había asignado como carga positiva (<i>gesto de frotar una mano sobre la otra</i>). y por supuesto la otra, la del plástico, a la del ámbar cuando se frota, entonces se le asignó el signo negativo...pero de una manera arbitraria. Y la carga del electrón es de tipo negativo y la carga del protón es positivo</p>	  <p>Vidrio cuando se frota</p>
<p>A08_M 10:29:43 la otra característica de la carga eléctrica que habíamos dicho (<i>se dirige a escribir en la pizarra</i>) era que se conserva la carga..se conserva... (<i>escribe</i>) 10:30 Y hablabamos que esta era <u>una de las cuatro leyes fundamentales, o sea la base de todo el edificio de la física. Junto con la conservación del momento lineal, la conservación del momento angular y la conservación de la energía..esta característica que se cumple siempre “Ley de conservación de la carga”</u> (habla, escribe y hace un silencio) era uno de los cuatro pilares sobre los cuales estaba basada, fundamentada, apoyada toda la física..las leyes de la física..</p>	
<p>A09_M 10:30:43 y la otra característica era que la carga estaba?...(se escucha una estudiante) cuantizada, ¿esto que quiere decir?..(estudiantes responden, la profe hace pausa mientras escribe) ¿qué quiere decir que está cuantizada?...que viene en paquetes...un quantum es un paquete. Cualquier objeto cargado tiene un número de veces la carga del electron, que es la carga básica fundamental. No puede ser arbitrario. (<i>se desplaza hacia el estudiantado</i>) La carga no se presenta en la naturaleza con cualquier valor, magnitud, cantidad...siempre es un numero de veces, que es entero, de la magnitud del electron, que es del orden de diez a la menos diecinueve coulombs.</p>	<p>Características De la Carga</p> <p>1) Dos Tipos $\begin{cases} \text{positiva} \\ \text{negativa} \end{cases}$</p> <p>2) Se conserva: “Ley de Conservación de la Carga”</p> <p>3) Cuantización de la Carga Quantum</p> 

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.16. Análisis de premisas y tesis en [A06_M, A09_M]. La carga eléctrica.

Tesis 21 Superior: Las características de la carga eléctrica: 1. Existen dos tipos: positiva-negativa, 2. La carga se conserva, 3. La carga está cuantizada. Macro argumento Cuasilógico de Identificación		
Intervención de Montse	Tesis, Premisas y Argumentos	Forma Presentarla
<p>A06_M 10:28 ¡Amjá!... las características de la carga...habíamos nombrado tres () que existían solo dos tipos de cargas, o positiva o negativa, recuerdan?... (repite) Decíamos que la carga podía ser de dos tipos o positivas o negativas... ¿se acuerdan? Las características... (comienza a escribir en silencio) ()</p> <p>A07_M 10:29 (Se gira, y se dirige adelante hacia el alumnado) que arbitrariamente se le había asignado a la carga que se ehh produce en el vidrio...que se deposita en el vidrio cuando uno lo frota, se le había asignado como carga positiva (gesto de frotar una mano sobre la otra) y por supuesto la otra, la del plástico, a la del ámbar cuando se frota, entonces se le asignó el signo negativo... pero de una manera arbitraria. Y la carga del electrón es de tipo negativo y el protón es positivo</p>	<p>Tesis 18 particular: La primera característica de la carga es que solo puede ser de dos tipos: positiva o negativa. (Ya se empezó a introducir al inicio de la clase, Premisa 22)</p> <p>Premisa 31: existen cargas positivas y negativas. (hecho)</p> <p>Premisa 32: Un material puede cargarse debido a la fricción (carga por frotamiento) (hecho)</p> <p>Premisa 33: De una manera arbitraria se llamó positiva a la carga que obtiene el vidrio al frotarse, Negativa a la carga del plástico cuando se frota</p> <p>Argumento Cuasilógico de identificación y definición.</p> <p>Argumento de Autoridad se basa en la explicación anterior</p>	<p><i>Escribe debajo del título en la pizarra.</i></p> <p>Por nominalización en la pizarra debajo del Título:</p> <p>Y la numeración como la primera.</p> <p>Gestual: al frotar las manos para representar como se cargan</p>
<p>A08_M 10:29:43 la otra característica de la carga eléctrica que habíamos dicho (se dirige a escribir en la pizarra) era que se conserva la carga... se conserva... (escribe) Y hablábamos que esta era una de las cuatro leyes fundamentales, o sea la base de todo el edificio de la física. Junto con la conservación del momento lineal, la conservación del momento angular y la conservación de la energía. Esta característica que se cumple siempre “Ley de conservación de la carga” (habla, escribe y hace un silencio) era uno de los cuatro pilares sobre los cuales estaba basada, fundamentada, apoyada toda la física. las leyes de la física.</p>	<p>Tesis 19 particular: La segunda característica de la carga es que se conserva.</p> <p>Premisa 34: dadas en física mecánica: Leyes de conservación del: momento lineal, momento angular y de la energía.</p> <p>Premisa 35: la ley de conservación de la carga es la más importantes de las cuatro leyes de conservación que fundamentan a la física.</p> <p>Argumento de Autoridad porque lo dice la profesora</p> <p>Argumento Cuasilógico de la parte en el todo. Es la base del edificio de la física</p>	<p>Por nominalización en la pizarra debajo de la primera.</p> <p>Y la numeración como la segunda.</p> <p>Escrito entre comillas.</p> <p>Metáfora</p> <p>De la parte en el todo</p>
<p>A09_M 10:30:43 y la otra característica era que la carga estaba? ... (se escucha una estudiante) cuantizada, ¿esto que quiere decir? .(estudiantes responden, la profe hace pausa mientras escribe) ¿qué quiere decir que está cuantizada?...que viene en paquetes...un quantum es un paquete. Cualquier objeto cargado tiene un número de veces la carga del electrón, que es la carga básica fundamental. No puede ser arbitrario. (se desplaza hacia el estudiantado) La carga no se presenta en la naturaleza con cualquier valor, magnitud, cantidad...siempre es un número de veces, que es entero, de la magnitud del electrón, que es del orden de diez elevado a menos diecinueve coulomb.</p>	<p>Tesis 20 particular: La tercera característica de la carga es que la carga esta cuantizada.</p> <p>Premisa 36: un quantum es un paquete.</p> <p>Premisa 37: Premisa reciente: la carga viene en paquetes.</p> <p>Premisa 38: Premisa reciente: El electrón es la carga básica fundamental</p> <p>Premisa 39: (Premisa reciente): Cualquier objeto cargado tiene un número de veces la carga del electrón</p> <p>Argumento de Autoridad y Arg. Cuasilógico de identificación y análisis. La carga no se presenta en la naturaleza con cualquier valor siempre es proporcional en un número entero de la magnitud del electrón,</p>	<p>Por nominalización en la pizarra debajo de la segunda.</p> <p>Y la numeración como la tercera.</p> <p>Pregunta retórica continuada para buscar la participación del alumnado.</p> <p>que la carga ¿estaba?... ¿esto que quiere decir? ¿qué quiere decir que está cuantizada?...</p> <p>Se desplaza hacia al alumnado para crear cercanía, y revestir de importancia lo que dice</p>

Fuente: Elaboración propia

6.4 La síntesis esquemática de la explicación de apertura de Montse.

En esta sección se presentan algunas de las formas de presentar la síntesis del comportamiento observado en la explicación. En la figura 6.2 se muestra un esquema descriptivo de la explicación de la carga eléctrica en los episodios [A01_M, A09_M] en forma de carpetas que se van desarrollando a lo largo de las sesiones de clase, que da una perspectiva de cómo se van elaborando las premisas y las tesis a lo largo de los episodios, pero con idas y vueltas, muy propio de la profesora Montse.

En este episodio Montse recuerda lo que se explicó en el anterior encuentro, utiliza premisas compartidas, la profesora conoce a los estudiantes y sabe qué conocimientos comparten. La construcción de la explicación, tiene por objeto incluir a la carga dentro del contexto cotidiano de la audiencia, como algo común. Para ello utiliza varios recursos: Presencia por repetición... [Ustedes habrán más de una vez experimentado con cargas eléctricas] entre otros. Se observa la búsqueda de la comunión en el uso del nosotros, y el diminutivo; para crear la atmósfera de complicidad grupal, buscando la *comunión con el auditorio*: “Hasta ahorita no lo **sabíamos** porque nosotros...”

La función global en este segmento es preparar a la audiencia, en la construcción de significados para “la carga eléctrica” realizando conexiones con lo visto anteriormente y haciendo la carga eléctrica cercana al estudiante, al presentarla dentro del hacer cotidiano. En el conjunto de los primeros seis episodios analizados, la Tesis 1 presentada en la apertura de la carga eléctrica es: La carga eléctrica es una propiedad de la materia. Como que es de una clase anterior la tomamos como **premisa 1** compartida, La Tesis superior que describe todo el segmento es que la carga eléctrica en los materiales es un hecho que está siempre presente en el hacer cotidiano y *nosotros más de una vez la hemos experimentado*.

Desde el punto de vista argumentativo, la historia explicativa puede representarse: según las tesis y premisas; y según la interacción de los argumentos.

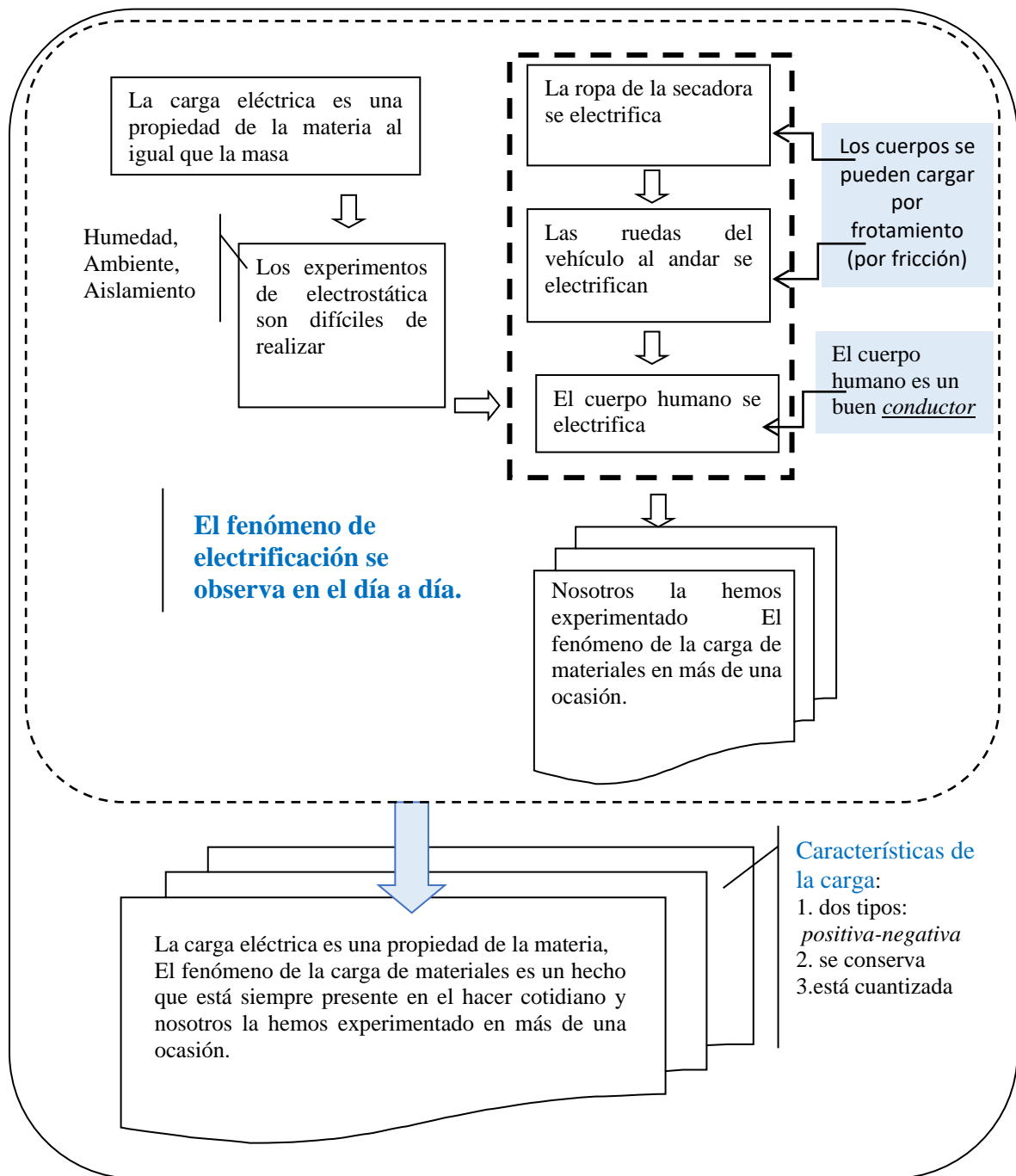


Figura 6.2. Descripción gráfica de la explicación: la carga eléctrica. [A01_M, A09_M].

Fuente: Elaboración propia

- **La representación de la historia explicativa (segmento) según las Tesis y premisas:** En las figuras 6.3 (a) y (b) se muestra el resumen de la explicación de la apertura de carga eléctrica, dado por Montse. A continuación, se muestra la trayectoria del discurso de Montse a través de las tesis elaboradas y como se enlazan unas con las otras.

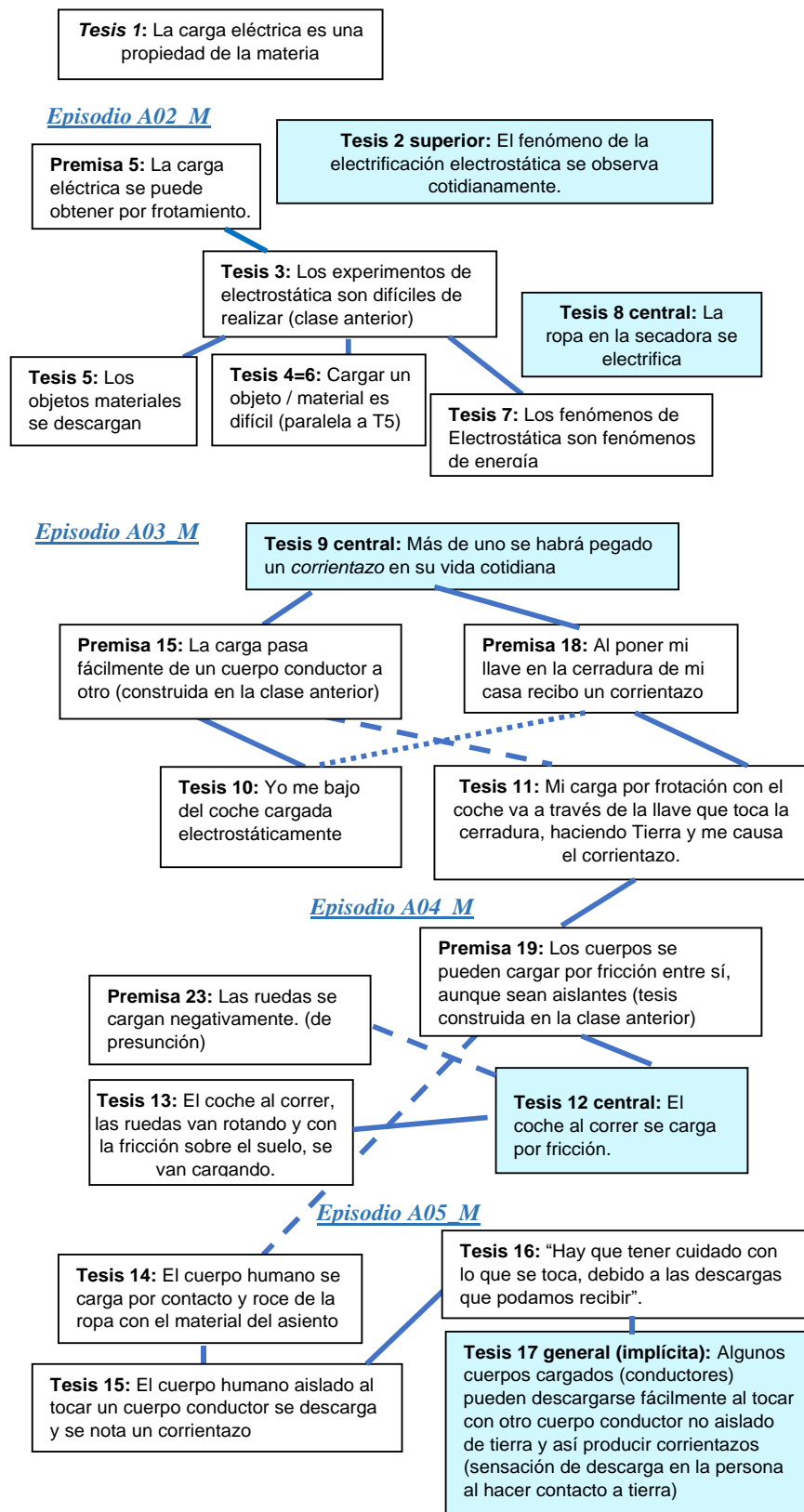


Figura 6.3 a). Esquema de construcción de la Tesis: La carga eléctrica es una propiedad de la materia y el fenómeno de la electrificación electrostática lo percibimos en el hacer cotidiano. [A01_M, A05_M].

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6.3 a) el esquema queda realizado formando como ramas de un árbol, que conecta las tesis relacionadas a medida que elaboran la explicación de los primeros cinco episodios analizados [A01_M, A05_M]. La Tesis aquí construida en la apertura de la carga eléctrica es: *la carga eléctrica es una propiedad de la materia y el fenómeno de la electrificación electrostática lo percibimos en el hacer cotidiano y más de una vez la hemos experimentado*.

Luego Montse realiza el despliegue de las características de la carga, de manera enumerada en la pizarra, representadas en la figura 6.3 b), como varias etiquetas que siguen a la tesis inicial, que se presentan para dar inicio a una nueva explicación donde serán desarrolladas estas características.

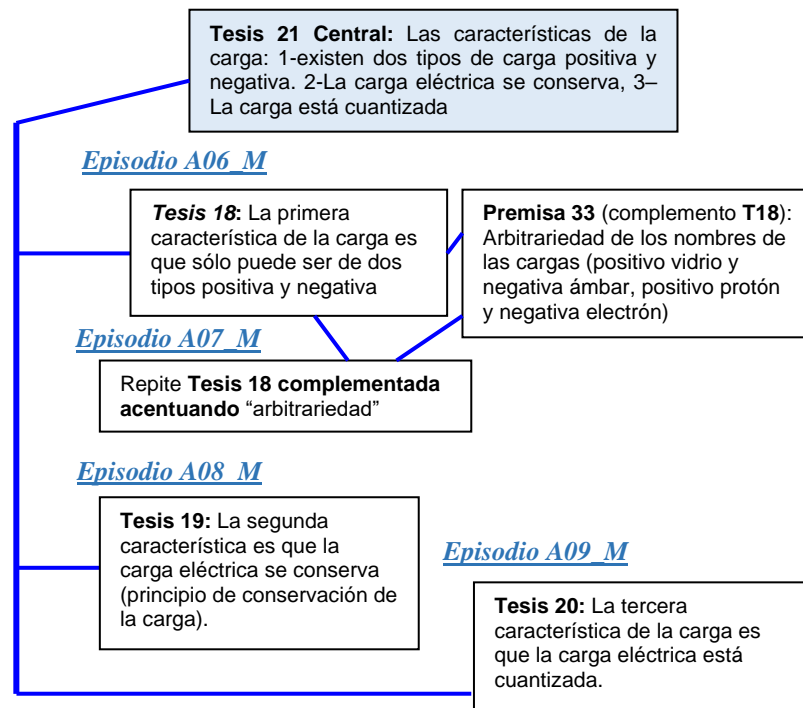


Figura 6.3 b). Esquema de construcción de la Tesis: Las características de la carga. Episodios [A06_M, A09_M].

Fuente: Elaboración propia.

- **La representación de la historia explicativa (segmento) según la interacción de los argumentos.** Otro aspecto que forma parte de un análisis argumentativo para presentar el análisis de la construcción de las tesis desde las premisas en la explicación, es el de

identificar como son las interacciones entre los argumentos que se muestran en los fragmentos explicativos o historias científicas.

Los argumentos en las explicaciones pueden interaccionar entre sí formando estructuras argumentativas que engloban varios argumentos. De acuerdo a nuestro marco teórico (Perelman et Olbrechts-Tyteca, 1958) y su identificación en clases de física en los discursos explicativos se puede encontrar una gran diversidad de formas las interacciones argumentativas. Simplificando podemos encontrar convergencia cuando se observa que diversos argumentos, que están presentes en el fragmento, contribuyen a justificar una misma tesis (Fagúndez 2006). Enlace lineal de argumentos a una tesis, cuando la tesis de un argumento es premisa del siguiente con una segunda tesis que puede ser a la vez premisa del siguiente. Otras veces algunos argumentos que se presentan anidados en formando una estructura mayor que se dirige a una tesis, o que lo refuerzan. Se pueden encontrar combinaciones entre estos tipos de agrupaciones llegando a poder darse estructuras argumentativas bastante complejas.

En la figura 6.4 se presenta la interacción de los argumentos, tomando el fragmento de seis episodios que caracteriza la apertura de la explicación de Montse a la carga eléctrica. El esquema describe que el ***macro argumento de ilustración***, se encuentra conformado de la secuencia de varios argumentos, en este caso todos ilustrativos, que dan soporte a la tesis final. Mas adelante, en el apartado 6.8.1 se describe nuevamente esta figura con más detalle.

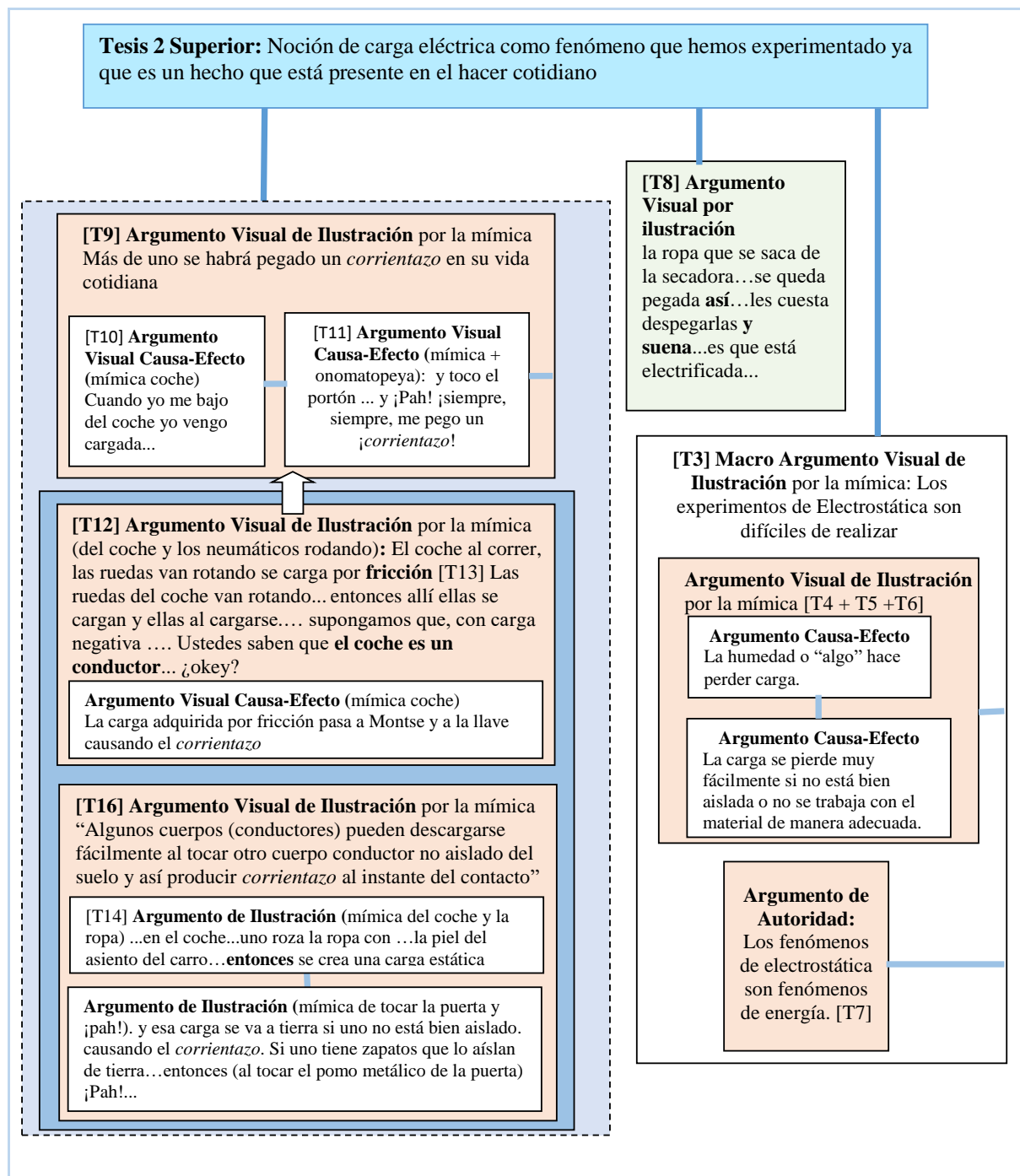


Figura 6.4. La interacción de los argumentos para presentar el fenómeno de la carga eléctrica en la explicación de la Profesora Montse. Episodios [A01_M, A05M].

Fuente: Elaboración propia

6.5 La demostración del fenómeno de la carga eléctrica en materiales.

La demostración como argumento: la demostración es otra forma de aportar razones para ‘convencer’ a los estudiantes de las tesis que se les presentan para su asentimiento. En la demostración, los objetos materiales que intervienen contribuyen a ‘dar presencia’ a las ideas o conceptos de la explicación, y toda la acción del profesor durante la explicación y la experiencia que lleva a cabo, se logra que las palabras adquieran significados; representando otra forma usada para la justificación del conocimiento. En el desarrollo de la historia se mostrará el proceso de carga y el comportamiento entre elementos con carga y la explicación servirá de contexto que acompañará el desarrollo del tema: propiedades de la carga.


Para continuar con situaciones donde está presente la carga eléctrica, se analizan los episodios [A10_M, A15_M]. Montse ya ha enumerado las propiedades de la carga eléctrica, copiadas en la pizarra, realiza una expresión (“Amjá”) para hacer la pausa y hacer el cambio a otro segmento. En la tabla 6.17 se muestra el cambio entre la explicación soportada en la pizarra y la proyección de imágenes de libros textos, con el retroproyector. Montse se dispone a mostrar las láminas en el proyector con “formas de electrificar a un material” e inicia: - “ustedes saben que la materia es neutra, porque los átomos son neutros” y con un razonamiento cuasi lógico ($a \rightarrow b$, $b \rightarrow c$ entonces $a \rightarrow c$) realiza el enlace que lo justifica: como la materia está formada de moléculas, y estas a su vez formada de átomos entonces el átomo es neutro.

En la tabla 6.18 se muestran los segmentos completos [A10_M, A11_M] que se analiza en los apartados siguientes. Montse en este segmento, ver la primera fila de la tabla, que inicia con la presentación en láminas de cómo electrificar un material, que introduce con la premisa conocida “la materia se presenta en estado neutro” para agregar un cambio en la explicación, y representar con su actuación el proceso mostrado en la lámina (ver la segunda fila de la tabla 6.17).

En la tercera y cuarta fila de la tabla 6.18, Montse se dispone a realizar un experimento, con elementos “hechos en casa”, para mostrar el comportamiento de la transferencia de carga eléctrica en materiales. Esto le servirá de base para iniciar una explicación que dará soporte nuevamente a las propiedades de la carga eléctrica que acaba de escribir en la pizarra. Al terminar el episodio A15_M de esta demostración, Montse retoma lo iniciado en A10_M con el

retroproyector, formas de electrificar un material... lo desarrolla, presenta el experimento de Coulomb en laminas...para luego conectar a la expresión matemática de la fuerza en la pizarra.



Tabla 6.17. La demostración experimental de carga Eléctrica de la Profesora Montse.

Inicio Episodio A10a-M: Mímica del experimento que luego realizará Previo: Ejemplos de la vida diaria y pizarra: con propiedades de la carga.	
Descripción de la explicación. La materia es neutra	Recurso: Unión Pizarra-Imagen del retroproyector-Experimento-
<p>A10_M Amjá.. vamos a ver como se pasa electricidad a una materia, a un material de cualquier tipo.</p> <p>10:32 Ustedes saben..que la materia es neutra... porque los átomos son neutros, y la materia está formada de átomos enlazados entre si formando moléculas que a su vez se enlazan formando todo lo que es (pausa)</p>	<p>(acaban de dar características de la carga eléctrica, están escritas en la pizarra)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px;"> <p>Características De la Carga</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Dos Tipos { <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> <p>positiva</p> <p>negativa</p> </div> 2) Se conserva: "Ley de Conservación de la Carga" 3) Cuantización de la Carga Quantum </div> <p>(muestra las láminas en el retroproyector) (se dirige hacia una esquina adelante, cerca del alumnado)</p>
	

Fuente: Elaboración propia

Se parte de ciertas presunciones de la audiencia, la presunción de que todo lo que se puede demostrar experimentalmente es cierto, la presunción de que la calidad de un acto manifiesta la de la persona que lo ha presentado, la presunción de credulidad natural que hace que el primer movimiento sea aceptar como verdadero lo que se dice y que no hay razón para desconfiar, la presunción relativa al carácter sensato de toda acción humana.

Tabla 6.18. La demostración experimental de carga Eléctrica de la Profesora Montse.

CLASE #2 DE MONTSE – Ejemplo de transferencia de Carga Eléctrica	
<p>(acaban de dar características de la carga eléctrica, están escritas en la pizarra).. A10_M 10:31:52 Amjá...Antes de seguir vamos a aprovechar....aunque no traje lo del campo electrico, vamos a ver como se pasa electricidad a una materia, a un material de cualquier tipo. (muestra las láminas en el retroproyector) 10:32 Ustedes saben que tal como está la materia. la materia es neutra... (se dirige hacia una esquina adelante, cerca del alumnado) porque los átomos son neutros, y la materia está formada de átomos enlazados entre si formando moléculas que a su vez se enlazan formando todo lo que es....entonces ustedes saben que los átomos son neutros (pausa)</p>	
<div> <div>Características De la Carga</div> <div> <div>1) Dos Tipos</div> <div> <div>positiva</div> <div>negativa</div> </div> </div> <div>2) Se conserva: "Ley de Conservación de la Carga"</div> <div>3) Cuantización de la Carga Quantum</div> </div>	
<p>..y para electrificar cualquier material uno tiene que (con los brazos del pecho hacia afuera) colocarle, darle ..ponerle (choca una mano cerrada con la palma de la otra mano) una carga eléctrica, entonces... (regresa al escritorio) ayer hacíamos un experimento con un pedacito de anime..(señala con las manos) tiene que ser liviano para que ustedes vean, para que (señala la dirección del vector gravedad hacia abajo con el índice) pueda vencer la gravedad (mímica: una mano es el origen del péndulo y la otra sostiene un objeto imaginario, y alarga la mano dibujando el hilo)</p>	
	
<p>A11_M (10:33) y decíamos que si nosotros (frota su mano) frotábamos un plástico (busca en su bolso) como este por ejemplo..(muestra una barrita de carpeta plástica) les decía que (del bolso saca un pedazo de tela "piel" y unos trozos de anime unidos con hilo nylon) son tan delicados,,que si uno frotacon (lo frota contra su pantalón) cualquier otro material no se electrifica tanto como con la</p>	
	
<p>piel... esto es un pedazo de piel..(frota la barrita con la tela) (va al escritorio y deja la tela) (10:33:35) se coloca detrás del escritorio y hace en silencio un experimento con los animes y la barrita de plástico: al acercarse la barrita cargada (frotada con la piel) el anime es atraído pero al tocarse se pasan las cargas al hasta que se igualan las cargas; en ese momento se separan) y después se suelta..</p>	
	

Fuente: Elaboración propia

A continuación, mostramos los segmentos A10_A15 clasificados, según los objetivos en:

- La representación del imaginario, la mímica. Para la preparación de la audiencia a la demostración
- La demostración con objetos, la carga se transfiere
- La representación con objetos, cargas de igual signo se repelen
- Conductores y aislantes
- La representación para la conservación de la carga




Todos ellos para dar soporte a la explicación de las características de la carga. La sección finaliza con la síntesis esquemática de la interacción de los argumentos.

6.5.1 La representación del imaginario para preparar a la audiencia.

En la tabla 6.19 se muestra desglosado el episodio A10_M, donde en la primera fila se observa a la derecha el énfasis gestual, que acompaña al verbal, para dar presencia a la carga cuando expresa: *y para electrificar cualquier material uno tiene que colocarle carga eléctrica*. Y luego repite “ponerle una carga” colocando la mano cerrada sobre la palma de la otra mano, representando con las manos a dos elementos, que fueron dibujados en la tabla para ayudar a la imaginación del lector. Montse utiliza la representación imaginaria para crear presencia al hecho que para cargar un material se necesitan dos elementos: el material a cargar y el elemento con carga.

Finalmente, en este episodio en la tercera fila, se refiere al experimento hecho el día anterior, y lo representa usando la mímica de tomar algo que cuelga, colocando las manos en “pinza” y subirla... y se refiere a su objeto imaginario: *“tiene que ser liviano para que ustedes vean, para que pueda vencer la gravedad”*, dándole propiedades al objeto: un objeto liviano y enfatiza apuntando hacia abajo con el índice, como si dibujara sobre el cuerpo el vector de la gravedad. En la tabla 6.19, se dibujan a modo de objeto y vector, lo gestualizado por la profesora Montse. Además, Montse expresa la dificultad que tiene el experimento para sea observado: “para que ustedes vean”.

Tabla 6.19. Las premisas en A10_M: mímica del experimento en carga eléctrica

Episodio A10-M: Mímica del experimento que luego realizará Previo: Ejemplos de la vida diaria y pizarra: con propiedades de la carga.		
Descripción de la explicación.		Recurso: representación del imaginario.
y para electrificar cualquier material uno tiene que <u>colocarle</u> carga eléctrica.	 <p>(con los brazos del pecho hacia afuera)</p>	
<u>Ponerle</u> una carga eléctrica		La representación del <u>imaginario</u> : la mano cerrada (la carga) toca la palma de la otra mano (el material).
<p>Ayer hacíamos un experimento con un pedacito de <i>anime</i> (poliespan, poliestireno) <u>tiene que ser liviano</u> para que ustedes vean, para que pueda <u>vencer la gravedad</u></p> 		<p><u>La representación imaginaria.</u> Con los dedos “en pinza” y alarga la mano dibujando el hilo. Es como si sostuviera un objeto colgante. Con la otra mano señala con el índice hacia abajo, como un “vector” la gravedad.</p>

Fuente: Elaboración propia


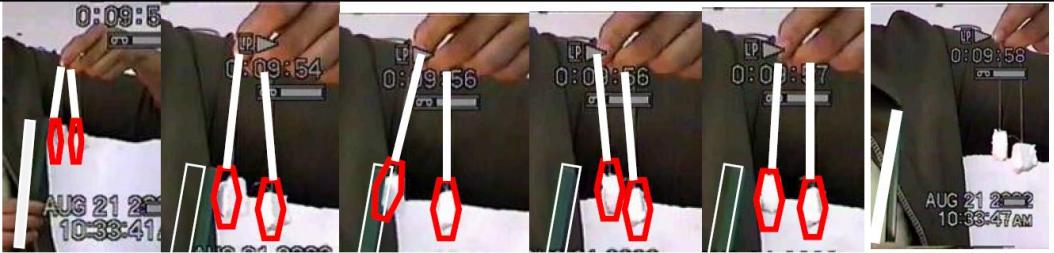
6.5.2 La demostración experimental

En este episodio Montse se dispone a realizar un experimento, con elementos “hechos en casa”, para mostrar el comportamiento de la transferencia de carga eléctrica en materiales. En la Tabla 6.20 se presenta el episodio en dos filas, en la primera Montse continúa explicando la transferencia de carga que ocurre al “frotar” un objeto y acompaña la expresión verbal con el gesto al frotar su mano contra la otra. Luego saca tres objetos rudimentarios: una barrita de plástico, un pedazo de tela “piel” y un par de poliespán unidos con nylon. En la primera fila se resalta el elemento de plástico, y se observa como Montse toma el elemento de plástico y lo

frota primero contra su pantalón y luego con el trozo de piel. Obteniendo así la barra cargada eléctricamente.

En la segunda fila de la tabla 6.20 se observa el experimento que Montse realiza en silencio. Sobre las imágenes originales se han remarcados los elementos del experimento para exagerar y centrar la atención del lector. Ubicada detrás del escritorio, Montse acerca la barra cargada a uno de los poliespán, y sin tocarse aún se observa que el poliespán es atraído por la barra. Luego se tocan los elementos, y se observa que, al tocarse la barra y el poliespán, esta última se separa.

Tabla 6.20. Episodio A11_M: demostración de la transferencia de carga eléctrica

Demostración de Transferencia de cargas eléctrica. Episodio A11-M: Demostración con objetos					
<p>y decíamos que si nosotros frotábamos (frota su mano)</p> <p>(pausa): busca en su bolso y muestra una barrita plástica de carpeta, y del bolso saca un pedazo de tela “piel” y unos trozos de anime unidos con hilo nylon.</p> <p><u>un plástico como este</u> (muestra la barrita) por ejemplo les decía que son tan delicados, que si uno frota ...con (lo frota contra su pantalón) cualquier otro material no se electrifica tanto como con la piel... esto es un pedazo de piel...(frota la barrita con la tela) (va al escritorio y deja la tela)</p>					
					
<p><u>En silencio:</u> 1. se coloca detrás del escritorio, en una mano tiene la barra cargada (al ser frotada con la piel) y en la otra los objetos de anime colgantes. 2. Acerca la barra a uno de los animes, 3. Se observa que al acercarse la barrita cargada el anime es atraído. 4. pero al tocarse la barra y el anime, se separan solas. (explicación: al tocarse se transfieren las cargas, y al ser los dos elementos de la misma carga se repelen y se separan)</p>					
					

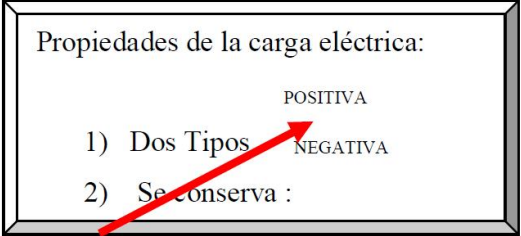

Fuente: Elaboración propia

6.5.3 Las cargas eléctricas de igual signo se repelen.

Repetición de la demostración experimental para la comprensión teórica.

Montse está consciente que los movimientos del poliespán como respuesta a la barra cargada, son difíciles de ver a la distancia, y repite nuevamente el experimento, como se observa en la tabla 6.21 soportando su discurso verbal con lo escrito en la pizarra. Se interpreta la intención de Montse en este episodio de recrear fenomenológicamente lo que acaba de suceder e iniciar la conexión de la demostración con “las propiedades de la carga” que recién acababa de describir y en parte está escrito en la pizarra.

Tabla 6.21. Las premisas en A12_M: Cargas iguales se repelen.

Demostración de Transferencia de cargas eléctrica. Episodio A12-M : cargas iguales se repelen	
Descripción de la explicación.	Recurso
<p>..el estaba ehh neutro</p> <p>..yo cargué esto <u>con una carga negativa</u></p> <p>..porque dijimos que la del vidrio es positiva y <u>la del ámbar es negativa</u></p>	 <p>señala la barra y con la barra <u>señala la pizarra donde escribió “negativa”</u></p>
<p>y..este tiende a ser atraído</p> <p>y <u>cuando se pega..</u></p> <p><u>él le pasa la carga..</u>y el después <u>se suelta</u> porque el adquirió la carga de este</p>	 <p>usa un lenguaje cotidiano mientras repite el experimento (se mantiene el contacto unos dos segundos antes de repelerse)</p>
<p><u>y cargas iguales se repelen...</u> quien quedó cargado con esta carga...</p>	<p>(muestra de nuevo la barrita)</p>

Fuente: Elaboración propia

En la primera fila de la tabla 6.21, se enumera:

1. “Él estaba neutro” y señala a la barra. Utiliza el lenguaje que ha introducido al describir anteriormente las propiedades de la carga, y se refiere a que la carga total de la barra es cero.
2. La barra se cargó negativamente al frotar. “yo cargué esto con una carga negativa”. Realiza la conexión con lo antes dicho y mantener la continuidad de la historia, al apuntar a la pizarra hacia los tipos de carga: positiva y negativa.
3. “Porque dijimos que la del vidrio es positiva y la del ámbar es negativa”. Aquí completa lo que no aparece en la pizarra pero que ya dijo antes.

En la segunda fila, continúa dando las características de carga a los elementos, que no se ven y que ocurren durante la demostración.

4. El poliespán es atraído por la carga negativa. “y. este tiende a ser atraído “
5. “Y cuando se pega”, se refiere al tocarse los elementos, el cargado con el no cargado.
6. “Él le pasa la carga... y él...se suelta”. No lo dice detallado, pero queda implícito que se refiere a que: al tocarse los elementos, se transfiere parte de la carga de la barra al poliespán, quedando los dos cuerpos con carga del mismo signo.
7. “Y cargas iguales se repelen...”, afirmando la premisa implícita, que ya ha explicado anteriormente.









En este episodio retoma la primera característica de la carga, señalándola escrita en la pizarra y la enlaza con la demostración que ha realizado. Montse realiza la repetición de la demostración del episodio pasado, pero cambiando el modo. Para ello escenifica nuevamente la demostración, sin llegar a realizarla, sólo lo simula a través de la representación con los objetos de la barra y los trozos de poliespán colgantes, para crear significado a través del proceso ocurrido. Así, se refuerzan las premisas de: “atracción” cuando se acerca la barra cargada al poliespán, “la transferencia de carga” cuando se pegan y el poliespán obtiene carga, “cargas iguales se repelen” con la acción del poliespán de alejarse.

6.5.4 Conductores y Aislantes.

Construcción de significados científicos a partir de la demostración.

En la tabla 6.22 se muestra el episodio A13_M, Montse continúa creando los enlaces con los conceptos científicos, aprovechando los elementos usados en la demostración (la barra y el poliespán) para construir significados en los aislantes: en un aislante la carga se localiza “sólo en la parte que se frota. En la primera fila del episodio mostrado, Montse recuerda que les mandó de tarea un trabajo sobre conductores y aislantes, para presentar ahora a los elementos que tiene en sus manos. En la segunda imagen o fotograma de la tabla, está resaltado con un círculo cuando señala los elementos; para decir: - “estos son aislantes”. Y agrega ahora – “yo solo froto este lado y en un escarpe como este solo queda cargado este lado” – mientras, Montse señala con el dedo índice el extremo de la barra, representado sobre la tercera imagen con una flecha y la barra exagerada

Tabla 6.22. Las premisas en A13_M. La carga al frotar un aislante.

Demostración de Transferencia de cargas eléctrica.			
Episodio A13-M: En los aislantes solo se carga la parte que se frota.10:34:30			
ahora fíjense lo siguiente, yo les mande a hacer un trabajo sobre conductores y aislantes... <u>estos son aislantes</u> (señala con un dedo los poliespán/animés) y yo solamente froto un lado del material... <u>yo solo froto este lado</u> (señala arriba y abajo el extremo de la barrita) y en un escarpe como este (muestra la barrita) <u>solo queda cargado este lado</u> ..			
			
si yo trato de poner este otro lado (acerca un extremo de la barrita al poliespán /anime) no pasa nada, no le pasa nada <u>en cambio si pongo este lado que todavia está cargado</u> (acerca el otro extremo de la barrita) <u>si se atraen</u> .. se siente atraído por esta carga... <u>en un aislante solamente se carga la parte que se frota</u> ...(muestra la barra, señalando arriba y abajo el extremo de la barra)			
			

Fuente: Elaboración propia

En la segunda fila Montse trata de resaltar la diferencia, y el porqué de lo que ha dicho. Señala la parte que no ha sido frotada, que se supone no está cargada y explica: - “si yo trato de poner este otro lado - no pasa nada, no le pasa nada” – Observen las dos imágenes de la segunda fila, que está resaltado cuando muestra el extremo no cargado para darle *presencia* y luego repite el experimento para afirmar: *No pasa nada*.

Continúa Montse: “en cambio sí pongo este lado que todavía está cargado, si se atraen... se siente atraído por esta carga” - repitiendo la acción con el extremo con carga.

Y cierra la tesis: - “en un aislante solamente se carga la parte que se frota”, señalando arriba y abajo el extremo de la barra.


Montse continúa trabajando en base al proceso realizado durante la demostración. Para ello utiliza los objetos de la demostración y la gestualidad, mostrando la barra con la mano arriba, señalando con el índice cada extremo de la barra, o señalando los trozos de poliespán con el índice. Creando significado en las premisas: “estos son aislantes” “la barra y el poliespán son aislantes”, “en un aislante, solo se queda cargado el lado que se frota”, “la parte frotada de la barra es la que atrae al poliespán”, “en la parte del aislante que no se frota, no pasa nada!”.

6.5.5 La conservación de la carga.

Uso de la pizarra y de los objetos de la demostración.

En este apartado desarrollaremos los episodios A14_M y A15_M, que se muestran en la tabla 6.23, donde Montse elabora su explicación alrededor de la conservación de la carga, conectando la atención del estudiante a la expresión escrita en la pizarra y uniéndola a la explicación verbal, la gestualidad y el uso de objetos para dar presencia a las premisas “los electrones de la última capa *salen*”, “deficiencia o exceso de electrones”, recuerda lo que sucede en el proceso del frotamiento de la barra con el trozo de tela, para explicar la transferencia de carga hacia la barra: “si de aquí salieron diez electrones, se vinieron para acá cuando yo hice así” señalando a cada elemento.

Tabla 6.23. Las premisas en A14_M y A15_M. La conservación de la carga eléctrica







Demostración de Transferencia de cargas eléctrica.	
Episodio A14-M, A15-M: La conservación de la carga	
<p>10:35 y ¿Cómo se carga? .yo cuando froto lo que estoy es suministrando (manos con los dedos tocándose puntas hacia la barra) energía suficiente (señala con el índice a la barrita) a los electrones de la última capa para que salgan..(gesto: con los dedos tocándose puntas desde la barra hacia afuera) los electrones de la última capa..(con la mano hace un círculo de arriba hacia el frente) se recuerdan? los electrones de la última capa</p>	
	
<p>salen.(indica con el índice y pulgar en un extremo de la barrita, y retira la mano al decir “salen”) .y el (levanta la barrita) queda con deficiencia (inclina a un lado la cabeza) de electrones o (“o” acentuada) exceso (inclina la cabeza y la barrita hacia el otro lado) de electrones...(toma del escritorio el trozo de piel) .en este caso el (habla mostrando la barrita) se carga con negativo o sea que queda con exceso de electrones. Y esto que está aquí (señala la piel con la barrita mientras habla) queda con deficiencia de electrones...</p>	
	
<p>entonces ¿cómo trabaja la conservación de la carga? (señala con la barrita en la pizarra “conservación de la carga”) ... la conservación de la carga...supóngase. (gesto: cabeza baja/sube/baja la mano lleva la barrita hacia si, y luego hacia delante). fíjense. Yo al frotar, saque de aquí (señala la piel con la barrita) tres electronesesos tres electrones se vienen para acá. (enseña la barrita) ... no es que se vienen dos y el otro quien sabe para donde se va... si aquí (señala la piel con la barrita) faltan tres aquí (enseña la barrita) tiene que haber tres. Eso es lo que quiere decir la conservación de la carga. La carga ni se crea así de la nada ni se destruye...si de aquí salieron diez electrones ..se vinieron para acá cuando yo hice así..(frota la barrita con la piel)</p>	
	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6.24 se muestra detallado el episodio A14_M dividido en cuatro filas. Montse inicia con una pregunta retórica “¿Cómo se carga?” que se responde enfatizando con su gestualidad para que los alumnos “vean” lo que sucedió en el proceso de carga de la barra y el poliespán.

“yo cuando froto lo que estoy es suministrando energía suficiente” realiza un gesto con los dedos tocándose puntas y hacia la barra, similar a quien agrega algo mágicamente, y luego apunta con el índice a la barra. (ver primera fila de la tabla 6.23).

Tabla 6.24. Las premisas en A14_M ¿Cómo es que se carga la barra al frotarse?

Episodio A14-M: Descripción de lo que ocurre en el experimento, con las cargas en los elementos.	
Premisa: ¿cómo se carga? al frotar el material, los electrones de la última capa salen, quedando con deficiencia electrones	
Descripción de la explicación.	Recurso: representación del imaginario.
<p>10:35 y ¿Cómo se carga?</p> <p>yo cuando froto lo que estoy es <u>suministrando</u> (mano con los dedos en punta hacia la barra) <u>energía suficiente</u> (pausa) (manos con el índice apuntando hacia la barrita)</p>	<p>(Con la mano arriba y los dedos hacia abajo como agregando algo a la barra, llama la atención hacia los objetos)</p> 
<p>a los electrones de la última capa para que salgan... con los dedos tocándose puntas desde la barra hacia afuera) ¿se recuerdan? a los electrones de la última capa... salen! (dibuja en el aire la “órbita de los átomos”)</p>	<p><u>La representación imaginaria</u></p>  <p>(con la mano hace un círculo de arriba hacia el frente) los electrones salen!</p>
 <p>(señala la barrita)</p>	<p>y <u>el</u> queda</p> <p><u>con deficiencia O</u> (O acentuada) <u>exceso de electrones</u></p>  <p>Deficiencia -exceso (inclina la cabeza a uno y otro lado)</p>  <p>(toma el trozo piel)</p>
<p><u>En este caso</u> (habla mostrando la barrita) se carga con negativo o sea que queda con exceso de electrones</p> <p>. y esto <u>que está aquí</u> (señala la piel con la barrita mientras habla) queda con deficiencia de electrones...</p>	

Fuente: Elaboración propia

“a los electrones de la última capa para que salgan...”, con un gesto la mano con los dedos tocando puntas, se aleja de la barra. (segunda fila de tabla).

“...los electrones de la última capa ¿se recuerdan? ...para que salgan” y realiza el movimiento semicírculo desde arriba hacia al frente. Mostrando una gestualidad del tipo narrativa: es decir la explicación va acompañada de gestos en movimiento.

Se observa un movimiento de compás con la cabeza para enfatizar cuando dice “con deficiencia o exceso de electrones” (ver la tercera fila de la tabla 6.24).

En la cuarta fila de la tabla 6.24, sus gestos son más dirigidos, a señalar, bien sea tocando con el índice la barra, con el brazo dirigido hacia el estudiantado mostrando la barra o utilizando la barra como apuntador cuando se refiere al trozo de piel que sostiene). Montse: “en este caso (la barrita queda implícita verbalmente, al señalar con el gesto) se carga con negativo o sea que queda con exceso de electrones.

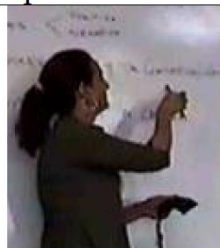







Repite lo mismo ahora con el trozo de piel, sin nombrarlo, - “y esto que está aquí (señala la piel con la barrita) queda con deficiencia de electrones”

La explicación de las características de la carga continua en el episodio A15_M, estructurado en tres filas para la tabla 6.25. Montse inicia igual al episodio anterior, con una pregunta retórica: - “entonces ¿cómo trabaja la conservación de la carga?”. (con la barrita tocando la pizarra, en el texto correspondiente)

Montse, con la misma estrategia, remarca en pizarra y luego acompaña la explicación verbal con la gestualidad señalando los objetos (barra-trozo de piel) que actúan en el proceso de transferencia de carga, para destacar la característica de la carga en cuestión.

“Fíjense, yo al frotar, saque de aquí (señala la piel con la barrita) tres electrones ...esos tres electrones se vienen para acá. (enseña la barrita)” y con cierto sentido del humor que denota un acercamiento a la audiencia: “no es que se vienen dos y el otro quién sabe para donde se va”.

Tabla 6.25. Las premisas en A15_M: ¿cómo trabaja la conservación de la carga?

Episodio A15-M: La conservación de la carga.			
Premisa: La carga se conserva. “no es que se vienen dos y el otro quien sabe para donde se fue!” - Al frotar dos elementos, si de uno salieron diez electrones, estos se encuentran en el otro elemento” – demostración con poliespán y barra frotada con piel			
Descripción de la explicación.		Recurso: representación del imaginario.	
A15_M 10:35:30 ...entonces ¿cómo trabaja la conservación de la carga? (señala en la pizarra el texto: “conservación...)		fijense... (Se dirige hacia delante) <u>yo al frotar, saque de aquí tres electrones</u>	 (señala la piel con la barrita)
...esos tres electrones se <u>vienen para acá.</u> (enseña la barrita y se dirige hacia adelante mientras dice:) ...	 “no es que se vienen dos y el otro quien sabe para donde se fue!” ...	si aquí (señala la piel con la barrita) faltan tres, aquí (enseña la barrita) tiene que haber tres...	 
eso es lo que quiere decir la conservación de la carga... la carga no se crea así de la nada ni se destruye...  <u>si de aquí salieron diez electrones ..se vinieron para acá</u>	Si de aquí salen 20 ...entonces aquí hay 20 (repite gestos) 	<u>cuando yo hice así..</u> (frota la barra con la piel) 	

Fuente: Elaboración propia

Montse realiza luego un ciclo de repetición de frases como ... “si aquí faltan tres aquí tiene que haber tres ...eso es lo que quiere decir la conservación de la carga” que enfatiza la importancia. Para terminar - “la carga ni se crea así de la nada ni se destruye...si de aquí salieron diez electrones ... se vinieron para acá cuando yo hice así.” (frota la barrita con la piel).

6.5.6 La interacción de los argumentos en las características de la carga eléctrica.

La interacción descrita en esta sección para presentar el argumento por demostración, se describe en dos partes, siguiendo el orden de la explicación. La primera, la demostración en sí misma, y la segunda describe cómo a partir de esta demostración se va desarrollando las características de la carga.

En la figura 6.5. se muestra el esquema que describe la argumentación por demostración; llamado así por ser el argumento principal de la interacción, y que fundamenta la explicación. En el esquema se observa que este macro argumento, a su vez está formado por argumentos cuasi lógico, de transitividad, y de ilustración. Partiendo de la premisa implícita que todo lo que se demuestra experimentalmente es cierto, y de las características que ya ha dado y que están escritas en la pizarra, inicia con una preparación a la audiencia, recordando que los materiales por naturaleza son neutros utilizando el argumento por transitividad. Luego utilizando el argumento por ilustración, evoca el experimento apoyado en los objetos utilizados y dando presencia a la acción de la gravedad como elemento que interviene. Finalmente, una vez preparada la audiencia, realiza el experimento en silencio, Para construir la tesis, los materiales son neutro por naturaleza y se electrifican por frotamiento.

Luego de que los estudiantes observaron lo que sucede en la demostración realizada, Montse inicia la construcción de la tesis de las características de la carga, en una explicación en la que argumenta por qué pasa lo que sucede durante la experiencia. Para ello hace uso del argumento causal por sucesión, como se muestra en la figura 6.6 donde se muestra la interacción que tiene como centro la demostración anteriormente realizada. Montse utiliza la pizarra como punto de inicio y guía, de la explicación de cada característica, luego se basa en la representación con objetos y la gestualidad para destacar las premisas según como desarrolla “lo que ha sucedido” en el experimento. Así utilizando argumentos causa-efecto, la demostración le da “juego” para desarrollar las características de la carga, con el potencial de continuar desarrollando nuevas premisas.

Las figuras 6.5 y 6.6 se describen nuevamente en el apartado 6.8.3.

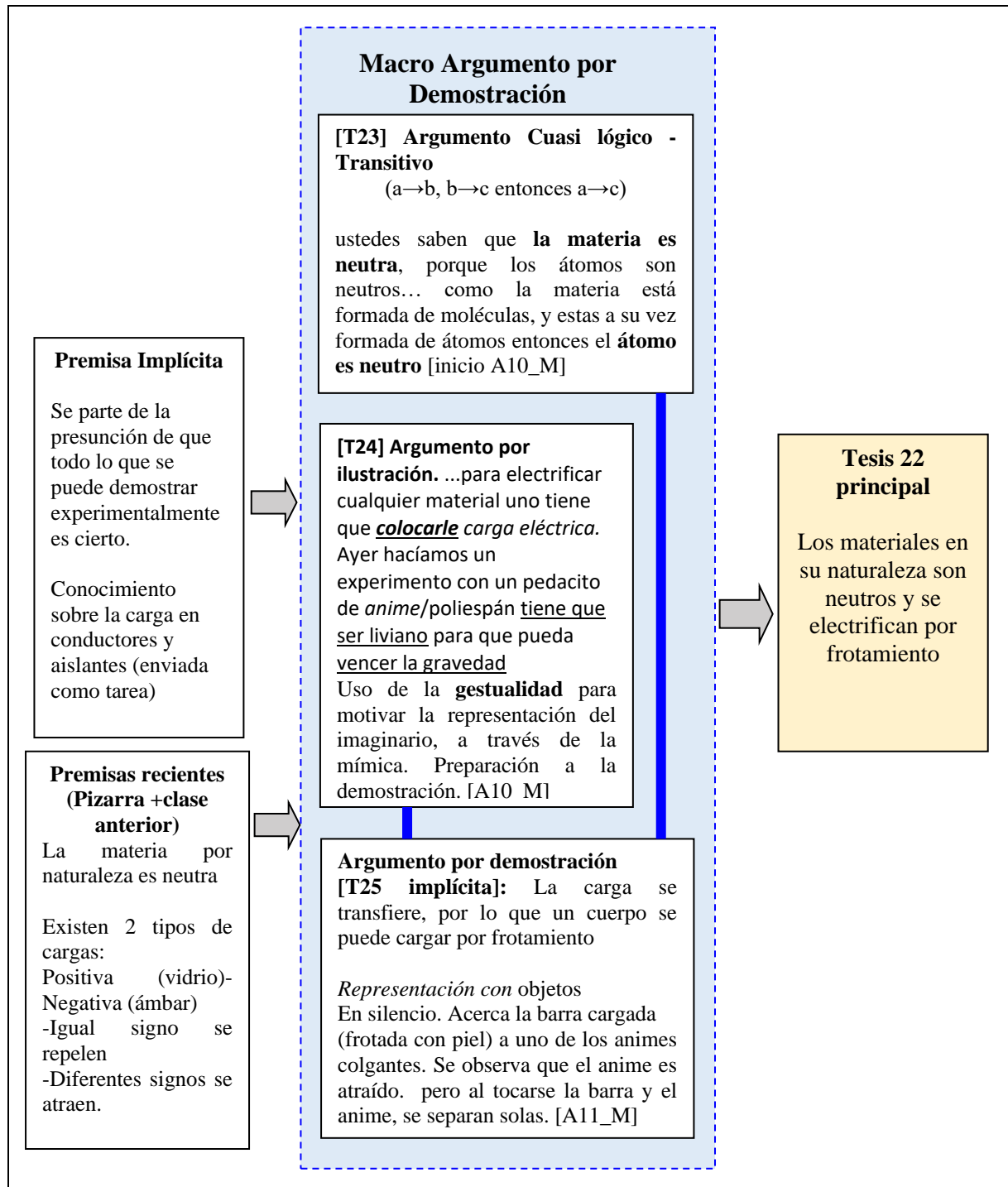


Figura 6.5. La interacción de los argumentos para conformar la demostración de transferencia de carga entre barra cargada por “frotamiento con piel” y trozo de poliespán. Profesora Montse. [Episodios A10_M, A11_M].

Fuente: Elaboración propia.

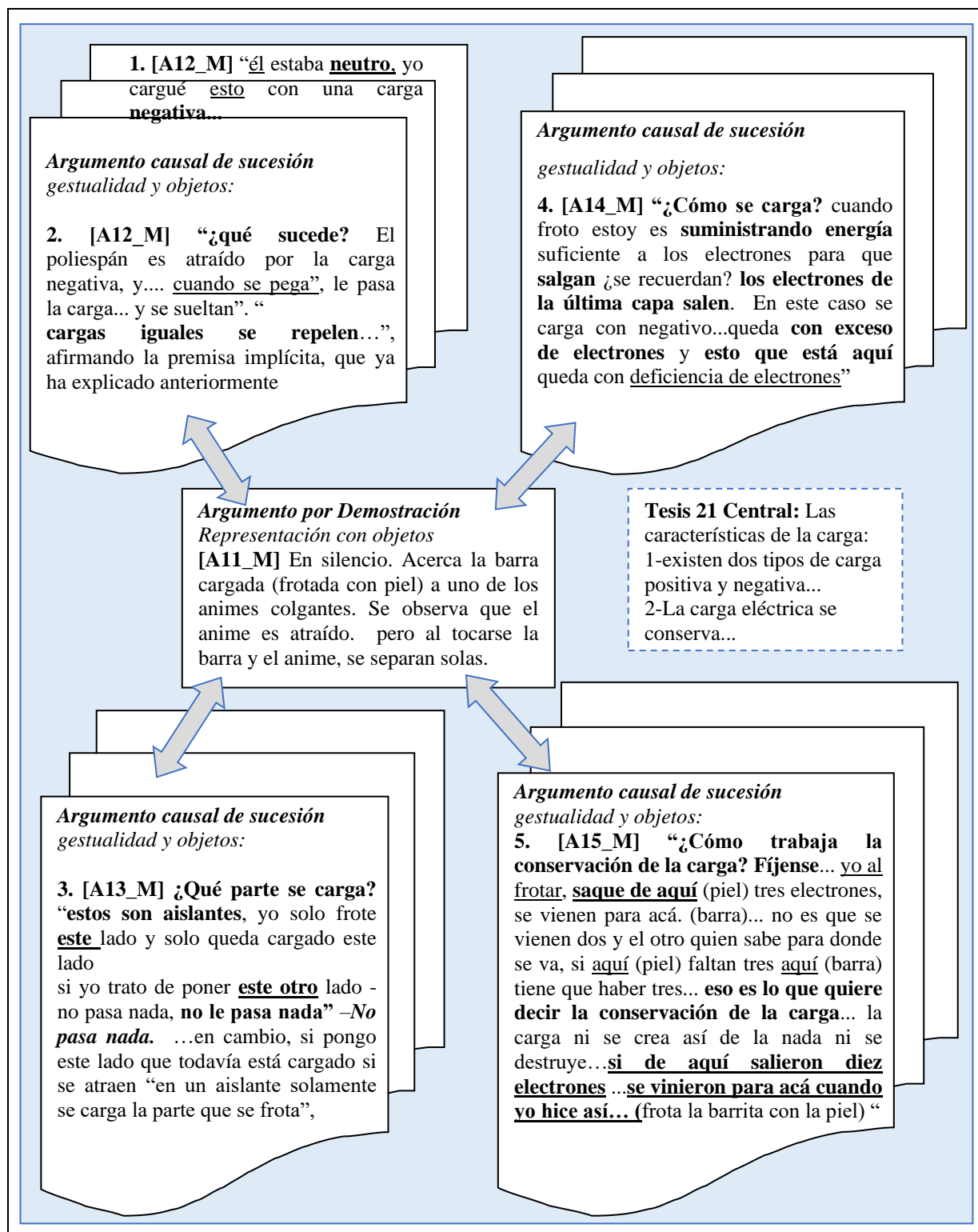


Figura 6.6. La interacción de los argumentos para presentar las características de la carga eléctrica en la explicación de la Profesora Montse. [Episodios A11_M, A15_M].

Fuente: Elaboración propia

Los esquemas de la figura 6.5 y la figura 6.6, muestran el carácter argumentativo, de las demostraciones, las cuales son utilizadas en la explicación para motivar al razonamiento, desarrollando saberes que justifican los conocimientos científicos que el profesor se desea comunicar y hacerlos “visibles” a los estudiantes. En este segmento de la explicación, la profesora Montse incorpora un sistema formado por objetos materiales cuyo fin es demostrar la atracción entre cuerpos y dar a los alumnos razones para apoyar lo que la teoría dice sobre las propiedades de la carga eléctrica y lo que sucede al sistema (varilla cargada -bolas de poliespán) cuando interactúan. La experiencia demostrativa aquí, argumenta y da inicio a la presentación de premisas de la carga eléctrica y las propiedades de la carga.

Resumen de los argumentos utilizados por la profesora Montse en su explicación. En toda la construcción de la historia de la carga eléctrica, Montse utilizó como argumentos: la ilustración muy marcada en la apertura del tema buscando la adhesión del auditorio, citación de autoridad cuando presenta las láminas del retroproyector con experimentos tomadas del libro texto, la definición usando la pizarra como mediadora, la demostración que fue la protagonista de esta historia y de causa-efecto para enlazar la demostración y desarrollar finalmente las características de la carga.

La gestualidad en la argumentación. En este segmento de la demostración, se destaca la gestualidad que sustituye o acompaña a la palabra y apoyar la argumentación, para:

- a) señalar el elemento la barra, el poliespán, el trozo de piel, la “característica en la pizarra”, “la acción de la gravedad, “hacia abajo” implícito pero señalado con el movimiento del dedo índice
- b) comparar y diferenciar, el lado que tiene carga, con el lado que no tiene carga,
- c) narrar la acción junto al verbo, dibuja con el movimiento de la mano, el brazo por ejemplo cuando dice “Yo transfiero energía a la barra”, “los electrones de la última capa, salen”

A continuación, se muestra otro estilo de momento en la explicación, con el argumento de la división de las partes en el todo, dado por otro profesor, con la apertura de la clase cuando recuerdas lo dado para retomar el hilo de la explicación y seguir con el programa.

6.6 La división del todo y las partes. Recapitulando la clase anterior.

El argumento cuasilógico de la división: el todo en sus partes. La concepción del todo, así como la suma de sus partes, sirve de fundamento a una serie de argumentos que se puede calificar de argumentos de división. En el argumento de división, las partes deben poder enumerarse de forma exhaustiva, pero que puede elegirse como se quiera y de manera muy variada, con la condición de que, por su adición sean susceptibles de reconstruir un conjunto dado (Perelman, TA - p363-364), en este caso el conjunto es la naturaleza “de las interacciones y de qué estamos formados, (carga, masa, materia oscura, neutrinos)”

Pere muestra un ejemplo de comportamiento discursivo en el aula, la apertura de la clase introduciendo nuevas informaciones científicas que no va a desarrollar en clases. El profesor Pere da un repaso de lo visto en la clase anterior, pero en la explicación no sólo introduce los términos y conceptos dados en la clase anterior ya vistos sino que introduce nuevas informaciones científicas que no va a desarrollar en clases; dejando un eslabón abierto de nuevo conocimiento sobre el estado actual de la investigación en la Física sobre, la materia oscura, la teoría unificada de los campos, la teoría de bandas, quizás abiertas para discusión en los espacios entre clases o fuera del aula.

A continuación, se presenta la explicación de Pere en un segmento de ocho minutos aproximadamente, sin contar los cinco minutos mientras copia en la pizarra, distribuidos en cuatro episodios (A01_P, A04_P) clasificado según las partes que destacan, de la siguiente manera: a) la apertura de la clase y el orden en la pizarra, b) el argumento por autoridad polifónica, c) la teoría de bandas, d) la ley de Coulomb y e) el campo eléctrico.

6.6.1 La apertura de la clase y el orden en la pizarra

La explicación de Pere, ejemplifica el cómo *crear el enlace con los contenidos dados* en la clase anterior, esta vez acompañado *del silencio inicial*. La clase de Pere es a primera hora de la mañana, en la clase anterior dio el tema de la carga eléctrica hasta campo eléctrico y se prepara para iniciar una clase de problemas. En las tablas 6.26 y 6.28, se muestra el contenido de los episodios A01_P hasta A04_P con la descripción de la explicación, destacando su discurso verbal con tono de voz grave y pausado. Su discurso inicia en silencio, escribiendo en la pizarra, los contenidos dados creando el enlace con en la clase anterior. La escritura en la pizarra para anticipar el orden de la explicación.

Tal como se muestra en la primera fila de la tabla 6.26, Pere inicia su clase de carga eléctrica a las 7:15am entra y copia en la pizarra sin hablar. Este comportamiento se puede interpretar como una estrategia para ir regulando la clase y esperar la audiencia que recién está llegando y que se incorpore al aula.

La escritura en la pizarra. Escribe en la pizarra los contenidos en forma vertical y de manera secuencial según el contenido de: a) lo visto en la clase pasada, que se destaca al escribir en primera línea “...ultima clase...”, y b) de lo que va a tratar la clase: campo eléctrico- interacciones-tipos de materiales - fuerza entre cargas- campo eléctrico - distribución discreta/continua de cargas. El profesor una vez llena la pizarra con el orden de lo visto, se gira hacia los estudiantes, quienes están preparados, sentados y atentos; inicia la conversación, de pie en el centro y detrás del escritorio, a las 7:20am. En la tabla 6.26, en la segunda y tercera fila, episodio A01_P Pere introduce la clase indicando que va a hacer un repaso al expresar: - “vamos a revisar un poquito lo que estudiamos en la clase pasada” y continúa:

- hemos estado hablando de las interacciones que existen en la naturaleza.
- En el curso de física mecánica quizás no se dieron cuenta de eso,
- pero se estudia la naturaleza en base a un conjunto de interacciones específicas,

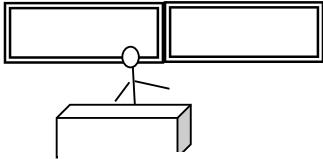
Pere introduce la idea inicial “la naturaleza se estudia (la Física estudia) en base a interacciones específicas” y comienza a argumentar con ejemplos, recordando la interacción gravitatoria, debido a un elemento en la naturaleza que es la masa: “de tipo gravitatorio aquellas que ocurren entre masas. sobre la tierra, en la tierra, desde la tierra...” Seguido de otra situación de interacción esta vez usando el valor que da el conocimiento de la antigüedad, y el conocimiento de la teoría de la física “que hubo que rehacer”,

“luego les comentaba lo que había sucedido hace muchísimo tiempo y hubo muchas preguntas al respecto, cuando estudiamos que era lo que sucedía cuando uno frotaba un cierto material con otro... había partículas que eran atraídas y otros se repelían...” (premisa implícita: interacción eléctrica),

“hasta ese momento no se entendía que era lo que sucedía...hubo que rehacer una teoría... basada en el hecho de que había una unidad fundamental como es la carga...”

Para agregar finalmente la carga eléctrica como responsable de la interacción eléctrica (premisa implícita) y así llega a otra de las partes importantes del tema: la carga eléctrica. El episodio A01_P se muestra resumido en forma de tesis-premisa en la tabla 6.27.

Tabla 6.26. La división de las partes en el todo. Clase de apertura de Pere

Episodios [A01_P - A02_P]: Apertura de la clase con un repaso a la clase anterior.	
Descripción	Recurso: Pizarra - Verbal
<p>(7:15 7:20) <i>Apertura: copia en la pizarra sin hablar esperando que todos terminen de entrar al aula.</i></p> <p><i>Coloca lo visto en la clase pasada y de lo que va a ser la clase: Campo eléctrico-Interacciones-Tipos de materiales-Fuerza entre cargas- Campo eléctrico {distribución discreta/continua de cargas}</i></p>	<p>..Ultima clase... -Interacciones -Tipos de materiales - Fuerza entre cargas (Ley de Coulomb) - Campo Eléctrico (interacción a distancia) Debido a: distrib. discreta de cargas distrib. continua de cargas</p>
<p>A01_P (7:20) Vamos a revisar un poquito lo que estudiamos en la clase pasada... hemos estado hablando de las interacciones que existen en la naturaleza... en el curso de física 1 quizás no se dieron cuenta de eso, pero se estudia la naturaleza en base a un conjunto de interacciones específicas,</p> <p><u>de tipo gravitatorio aquellas que ocurren entre masas... sobre la tierra, en la tierra, desde la tierra...</u></p>	<p>(mirando al aula, de pie en el centro y detrás del escritorio)</p> 
<p>luego les comentaba lo que había sucedido hace muchísimo tiempo y hubo muchas preguntas al respecto, cuando estudiamos que era lo que sucedía cuando uno frotaba un cierto material con otro... había partículas que eran atraídas y otros se repelían...</p> <p>hasta ese momento no se entendía que era lo que sucedía...hubo que rehacer una teoría... basada en el hecho de que había una unidad fundamental como es la carga... también vimos que <u>hay varios tipos de interacciones: interacciones fuertes e interacciones débiles.....</u></p>	
<p>A02_P (materia oscura/teoría unificada de los campos.) un artículo que salió hace unos meses... que trata de la cantidad de materia vamos a llamarla vulgar que conocemos nosotros...</p> <p>resulta ser que <u>en el universo solo el 4%.. esta constituido de este tipo material formado de electrones y protones.</u></p> <p>y el resto, ¡imagínense! <u>todo lo demás se conoce como materia oscura...</u> cuando finalmente se determine...en veinte años o el próximo año... va a aparecer en una nueva teoría que va a <u>ser la teoría de unificación de campos...</u> se está trabajando en compactar todas las teorías en una sola... <u>la partícula elemental de esa teoría... se llama neutrino...okey</u></p>	

Fuente: Elaboración propia

6.6.2 Argumento por autoridad polifónica.

En el caso del argumento por autoridad polifónica, el razonamiento se construye a partir de una premisa, en este caso implícita construida a partir de un tópico que afirma la experiencia, o el conocimiento de la voz citada, en este caso un artículo publicado, lo cual permite presuponer que su opinión es válida, y que permite formular una conclusión. Cuando se utiliza este recurso en clase, la expresión citada, suele pertenecer a un enunciador indeterminado: la voz de la ciencia, los expertos, del departamento al que pertenece, etc.

A continuación, se muestra un ejemplo en la clase de Pere, cuando se soporta en un artículo científico que leyó hace unos meses, En este caso la credibilidad y el prestigio de la voz invocada, que le da validez al argumento es la voz del propio profesor en su condición de físico, (que en esta área tiene mayor peso que la de un ingeniero).

En la cuarta y última fila de la tabla 6.26, el episodio A02_P, Pere, partiendo de la premisa conocida de que los materiales están formados por protones y electrones, construye la tesis: “La física está en continuo cambio” utilizando el argumento por autoridad polifónica:

- “un artículo que salió hace unos meses”
- “Sólo el 4% está constituido por electrones y protones, ¡imagínense! el resto es materia oscura
- “...y en veinte años o el próximo año...va a aparecer una nueva teoría que va a ser la teoría de unificación de campos. (...) donde la partícula elemental se llama neutrino”

Y en este episodio Pere busca la adhesión de sus estudiantes al interés por el conocimiento científico, y continúa aportando elementos a la tesis inicial de la naturaleza, en este caso a la masa, la carga, electrones, y protones agrega ahora materia oscura, y neutrino.

En la tabla 6.27, se muestra el análisis en función de premisas y tesis, de los episodios A01_P y A02_P.

Tabla 6.27. Tabla descriptiva de tesis -premisas para describir el episodio A01_P, A02_P

Tesis 1 Superior: “La naturaleza se estudia en base a un conjunto de interacciones específicas”.		
Intervención de Pere A01_P	Tesis y Premisas	Forma de Presentarla
<p>7:15 7:20 Coloca en la pizarra y de manera secuencial, lo visto en la clase pasada y de lo que va a ser la clase: Campo eléctrico-Interacciones-Tipos de materiales-Fuerza entre cargas-Campo eléctrico {distribución discreta/continua de cargas}</p> <p>[A01_P] vamos a revisar un poquito lo que estudiamos en la clase pasada... hemos estado hablando de las interacciones que existen en la naturaleza [1] ...en el curso de física 1 quizás no se dieron cuenta de eso, pero se estudia la naturaleza en base a un conjunto de interacciones específicas [2], de tipo gravitatorio aquellas que ocurren entre masas [3] ...sobre la tierra, en la tierra, desde la tierra [4] ..luego les comentaba lo que había sucedido hace muchísimo tiempo [5] y hubo muchas preguntas al respecto, cuando estudiamos que era lo que sucedía cuando uno frotaba un cierto material con otro [6]...habían partículas que eran atraídas y otros se repelían [7]...hasta ese momento no se entendía que era lo que sucedía [8] ...hubo que rehacer una teoría [9] ... basada en el hecho de que había una unidad fundamental como es la carga [10]...</p>	<p>Tesis 1: <i>La Naturaleza se estudia en base a un conjunto de interacciones.</i></p> <p>Tesis 2: La interacción gravitatoria que ocurre entre masas</p> <p>Tesis 3: Hace mucho tiempo apareció la interacción eléctrica, debido a la unidad fundamental de la carga eléctrica.</p> <p>Premisa 1: conocida Hemos hablado de las interacciones que existen en la naturaleza [1]</p> <p>Valor por jerarquía: El valor de la palabra del profesor que es físico, si el profesor lo dice es que es cierto.</p> <p>Premisa 2: Las interacciones se estudiaron en el curso anterior de Física 1. [2]</p> <p>Premisa 3: la interacción de tipo gravitatorio que ocurren entre masas. sobre la tierra, en la tierra, desde la tierra [3] [4]</p> <p>Premisa 4: había sucedido hace <u>muchísimo tiempo</u> y [5]</p> <p>Premisa 5: lo que sucedía cuando uno frotaba un cierto material con otro, Había partículas que eran atraídas y otros se repelían [6], [7]... (<i>implícita: interacción eléctrica</i>)</p> <p>Premisa 6: hasta ese momento no se entendía qué era lo que sucedía...hubo que rehacer una teoría, basada en el hecho de que [8], [9]</p> <p>Premisa 7: había una unidad fundamental como es la carga. [10]</p>	<p>Función: reubicar a la audiencia para que realice las conexiones con mayor facilidad del tema a explicar. Adhesión de la audiencia.</p> <p>Argumento del ejemplo: recuerda la interacción gravitatoria debido a la masa, dado en física mecánica</p> <p>Valor del conocimiento antiguo Recurso, recuerda que hubo muchas preguntas cuando se los explicó</p> <p>Argumento por citación de autoridad El valor de la teoría de la física dada por la palabra del profesor que es físico.</p>
<p>[A02_P] también vimos que hay varios tipos de interacciones: interacciones fuertes e interacciones débiles [11].....</p> <p>un artículo que salió hace unos meses [12] ...que trata de la cantidad de materia vamos a llamarla vulgar que conocemos nosotros [13] ...resulta ser que el universo solo el 4% está constituido de este tipo material formado de electrones y protones [14], y el resto, imagínense toso lo demás se conoce como materia oscura [15]... cuando finalmente se determine...en veinte años o el próximo año [16] ...va a aparecer en una nueva teoría que va a ser la teoría de unificación de campos [17]... se está trabajando en compactar todas las teorías en una sola [18]...la partícula elemental de esa teoría...se llama neutrino [19] ...okey</p>	<p>Tesis 4. Existen interacciones <i>fuertes</i> e interacciones <i>débiles</i>...</p> <p>Tesis 5. el universo solo está constituido de la materia conocida formada de electrones y protones en un 4% y el resto, es materia oscura</p> <p>Tesis 6. En veinte años descubrirán la teoría unificada de campos.</p> <p>Tesis 7: la partícula elemental de la teoría de unificación de campos se llama neutrino</p> <p>Premisas conocidas: También vimos que hay varios tipos de interacciones: interacciones fuertes e interacciones débiles [11]...</p>	<p>Argumento por el ejemplo:</p>

Fuente: Elaboración propia

6.6.3 La teoría de bandas

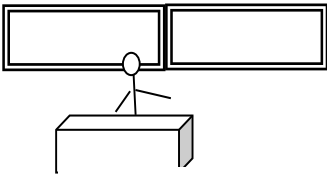
En la tabla 6.28 se muestran los episodios A03_P y A04 distribuidos en cuatro filas, que continua con el argumento por división, enumerando partes que forman un conjunto. En la primera fila, episodio A03_P, Pere continúa con los materiales en la naturaleza, conductores, no conductores y los semiconductores. Pere recuerda los tipos de materiales interacciones, reforzando los términos contruidos en la clase anterior e introduce un término que no está en el contenido programático de los estudiantes pero que les agrega algo novedoso *para crear curiosidad y provocar el saber*, “la teoría de bandas”.

6.6.4 La ley de Coulomb

En el episodio A04_P va a recordar la Ley de Coulomb, pero desde el punto de vista de una persona, no es sólo una ecuación. Al expresar: “Coulomb descubrió”- y luego agrega la expresión matemática.

Durante su explicación que es pausada, introduce una gran cantidad de términos y relaciones matemáticas que el estudiante recién comienza a conocer por parte del profesor, desde la clase pasada. La fuerza eléctrica, “proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia”.

Tabla 6.28. El campo eléctrico para explicar la interacción entre cargas eléctricas.

Episodios [A03_P - A04_P]: “Surge la necesidad de crear el campo eléctrico para explicar la acción a distancia entre cargas”. Apertura de la clase con un repaso a la clase anterior.	
Descripción	Recurso: Pizarra - Verbal
<p>A03_P 7:23: luego hablamos un poquito de los tipos de materiales... conductores, los no conductores y los <u>semiconductores</u>, se podían explicar su comportamiento a través de la teoría de bandas. ¿Se acuerdan? <u>Esta la banda de valencia, la banda de conducción...</u> y entre ellos <u>una banda prohibida...</u> los semiconductores tienen características entre los conductores y los no conductores...y la mejor forma de explicarlas es con esta teoría de bandas... hay materiales como el silicio y el germanio...</p>	<div> <div> <p>..Ultima clase...</p> <ul style="list-style-type: none"> -Interacciones -Tipos de materiales - Fuerza entre cargas (Ley de Coulomb) - Campo Eléctrico (interacción a distancia) <p>Debido a: distrib. discreta de cargas distrib. continua de cargas</p> </div> <p>(mirando al aula. de pie en el centro y detrás del escritorio)</p>  </div>
<p>A04_P 7:26 La ley de coulomb... fue un resultado experimental, Coulomb descubrió que la fuerza eléctrica era proporcional al producto de las cargas e inversamente al cuadrado de la distancia entre ellas...</p>	
<p>bueno rápidamente hablamos luego del campo eléctrico...</p> <p>yo les comentaba que existía un campo en la naturaleza <u>y esto es una definición abstracta de los científicos para poder explicar el hecho de que dos cuerpos separados una distancia entre ellos... podían interactuar...</u> por ejemplo la Tierra con la luna y cualquier otro cuerpo celeste... interactuaban a través del campo gravitacional</p>	
<p>...bueno ahora para poder explicar la interacción a distancia de dos cuerpos cargados también <u>surge la necesidad de crear el campo eléctrico que explica el vínculo entre estas dos cargas...</u></p> <p>por supuesto el campo es generado por una carga o por muchas cargas que forman una distribución discreta... o por muchas cargas, todas dentro de un cuerpo que forman una distribución continua de carga... (7:27:30) entonces, particularmente habíamos pensado un ejemplo. <i>(ordena su libro y luego va al pizarrón y copia---</i>Campo eléctrico generado por una distribución lineal de carga<i>)</i> (7:28)</p>	

Fuente: Elaboración propia

6.6.5 El campo eléctrico surge de lo mismo que el campo gravitacional.

En la tercera fila de la tabla 6.28, episodio A04_P, Pere introduce el concepto de campo eléctrico haciendo uso del argumento por autoridad “es una definición de los científicos”

- bueno rápidamente hablamos luego del campo eléctrico...
- yo les comentaba que existía un campo en la naturaleza y esto es una definición abstracta de los científicos para poder explicar el hecho de que dos cuerpos separados una distancia entre ellos... podían interactuar...

construye la premisa “El campo es una definición abstracta que explica la acción a distancia entre dos cuerpos” y realiza el enlace con un argumento del ejemplo, con el concepto del campo gravitatorio.

- por ejemplo, la Tierra con la luna y cualquier otro cuerpo celeste... interactuaban a través del campo gravitacional ...
- bueno ahora para poder explicar la interacción a distancia de dos cuerpos cargados también surge la necesidad de crear el campo eléctrico que explica el vínculo entre estas dos cargas.

En la tabla 6.29, se resume esta explicación, presentado en forma de tesis-premisas con la definición de campo eléctrico.

Pere construye la definición del campo eléctrico, desde la autoridad dada por la ciencia, de los “científicos” y apoyado en la relación entre campo eléctrico y el campo gravitacional. Al final del episodio presenta lo último dado en la clase anterior: distribución de cargas en forma discreta y/o continua, recordando sus definiciones y creando las diferencias.

Tabla 6.29. Tabla descriptiva de tesis -premisas para describir el episodio A03 y A04_P

Tesis 8 principal: Los materiales se pueden clasificar por su grado de conducción de la carga, en conductores, semiconductores y aislantes (dada en la clase pasada)		
Tesis:	Las Premisas	Forma de presentarla
<p>[A03_P] 7:23: luego hablamos un poquito de los tipos de materiales [1] ...conductores, los no conductores y los semiconductores [2], se podían explicar su comportamiento a través de la teoría de bandas [3]...se acuerdan? Esta la banda de valencia, la banda de conducción... y entre ellos una banda prohibida [4] ...los semiconductores tienen características entre los conductores y los no conductores [5]...y la mejor forma de explicarlas es con esta teoría de bandas [6]...hay materiales como el silicio y el germanio [7] ...</p>	<p>Tesis 8: Los materiales se pueden clasificar por su grado de conducción de la carga. Conductores, semiconductores y aislantes (dada en la clase pasada)</p> <p>Tesis 9 complementaria: La teoría de bandas explica el comportamiento de materiales conductores y aislantes.</p> <p>Tesis 10 complementaria: los materiales semiconductores tienen características entre los conductores y los no conductores.</p> <p>Premisas:</p> <p>Premisa 1: hablamos un poquito de los tipos de materiales [1] ...conductores, los no conductores y los semiconductores [2],</p> <p>Premisa 2: se podían explicar su comportamiento a través de la teoría de bandas [3]...se acuerdan?</p> <p>Premisa 3: Esta la banda de valencia, la banda de conducción... y entre ellos una banda prohibida [4]</p> <p>Premisa 4: los semiconductores tienen características entre los conductores y los no conductores [5]...y la mejor forma de explicarlas es con esta teoría de bandas [6]...hay materiales como el silicio y el germanio [7] ...</p>	<p>En la pizarra</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>..Ultima clase...</p> <ul style="list-style-type: none"> -Interacciones -Tipos de materiales - Fuerza entre cargas (Ley de Coulomb) - Campo Eléctrico (interacción a distancia) <p>Debido a: distrib. discreta de cargas distrib. continua de cargas</p> </div>
Tesis 12 principal: concepto de campo eléctrico: “El campo eléctrico, es una definición abstracta que explica la acción a distancia entre dos cuerpos cargados”		
<p>[A04_P]7:26 La ley de coulomb fue un resultado experimental [8], Coulomb descubrió que la fuerza eléctrica era proporcional al producto de las cargas e inversamente al cuadrado de la distancia entre ellas [9] ...bueno rápidamente hablamos luego del campo eléctrico. Yo les comentaba que existía un campo en la naturaleza [10] y esto es una definición abstracta de los científicos [11] para poder explicar el hecho de que dos cuerpos separados una distancia entre ellos puedan interactuar [12]. Por ejemplo, la Tierra con la luna y cualquier otro cuerpo celeste... interactuaban a través del campo gravitacional [13].....bueno ahora para poder explicar la interacción a distancia de dos cuerpos cargados [14] también surge la necesidad de crear el campo eléctrico que explica el vínculo entre estas dos cargas [15]. Por supuesto el campo es generado por una carga [16] o por muchas cargas que forman una [17] distribución discreta ...o por muchas cargas, todas dentro de un cuerpo que forman una distribución continua de carga [18]...7:27:30 entonces, particularmente habíamos pensado un ejemplo (<i>ordena su libro. Y luego va al pizarrón</i>)</p>	<p>Tesis 11: La Ley Coulomb es un resultado experimental que define la fuerza entre dos cargas eléctricas, en función de las cargas y la distancia que las separa.</p> <p>Tesis 12: “El campo es una definición abstracta que explica la acción a distancia entre dos cuerpos”</p> <p>Tesis 13 “El campo eléctrico explica la interacción a distancia entre cargas”</p> <p>Premisas</p> <p>Premisa 1: La ley de coulomb fue un resultado experimental [8], Coulomb descubrió que la fuerza eléctrica era proporcional al producto de las cargas e inversamente al cuadrado de la distancia entre ellas [9]</p> <p>Premisa conocida: el campo gravitatorio.</p> <p>Premisa: existe un campo en la naturaleza ...que explica el hecho de que dos cuerpos separados una distancia entre ellos podían interactuar. [10,11,12]</p> <p>Premisa: por ejemplo, <i>la Tierra con la luna y cualquier otro cuerpo celeste... interactuaban a través del campo gravitacional</i> ... [13]</p> <p>Premisa: para poder explicar la interacción a distancia de dos cuerpos cargados también surge la necesidad de crear el campo eléctrico que explica el vínculo entre estas dos cargas [14, 15]</p> <p>Premisa: Por supuesto el campo es generado por una carga [16] o por muchas cargas que forman una [17] distribución discreta ...o por muchas cargas, todas dentro de un cuerpo que forman una distribución continua de carga [18]...</p>	<p>Argumento por autoridad polifónica: “es una definición abstracta de los científicos para explicar el hecho”</p> <p>Argumento por el ejemplo el campo gravitatorio explica la interacción de masas a distancia.</p> <p>Argumento causal así como el campo gravitatorio explica la interacción de masas a distancia. Así el campo eléctrico explica la interacción entre cargas</p>

Fuente: Elaboración propia

6.6.6 La interacción de los argumentos en la explicación de Pere.

La interacción que realiza el profesor Pere para presentar el orden de la explicación que ya ha formalizado al escribirlo en la pizarra, se describe como un argumento de división, donde Pere expone a las partes y la relación entre las partes, basadas en estudios científicos y relaciones lógicas, que hacen que su suma construya el conjunto del todo. Un todo, que más allá de la clase vista, que involucra a los estudiantes en la Física como ciencia, al estudiar y tratar de explicar las interacciones que ocurren en la naturaleza.

En la figura 6.7 se presenta el esquema de la argumentación inicial, cuando presenta a la *interacción eléctrica* dentro del conjunto de las *interacciones en la naturaleza*, y se puede ver el uso del argumento de autoridad y el argumento por el ejemplo, que actúan en paralelo para formar la tesis: “la naturaleza se estudia en base a un conjunto de interacciones específicas”.

La interacción explicación parte de la premisa del orden dado en la pizarra, mediante la **conocida técnica de la división**, es decir, el anuncio de las partes que se van a tratar: bien partes del discurso, bien puntos que se van a debatir. Como dice la teoría de Perelman, la división tiene la ventaja de crear, a partir del momento que se propone, un esquema de referencia (TA-760), en este caso el orden lo da la pizarra y cualquier indicación relativa al orden facilitará su aprehensión como tal.

Pere ensambla de una manera coherente y pausada los conceptos dados en la clase anterior dentro de un discurso narrativo coherente y tratando de englobar los conceptos a un nivel científico mayor, incluyendo nuevos conceptos que puedan sonar interesantes en la forma de traerlas a la memoria del estudiante, como por ejemplo al explicar que la teoría que define el comportamiento de los materiales (conductores, semiconductores, no conductores) es a través de la teoría de bandas y sigue describiendo “la banda de valencia, la banda de conducción... y entre ellos una banda prohibida”.

En la figura 6.8 se presenta la interacción siguiente a los tipos de materiales, donde Pere presenta el concepto de campo eléctrico, partiendo del orden dado, y de la premisa conocida del campo gravitatorio. La audiencia que se está construyendo es una audiencia que tiene un conocimiento previo en el entorno de la carga eléctrica, unos esquemas de conocimiento compartidos, y el profesor anima a sus estudiantes a estar interesados por los temas relacionados con la física, él muestra ese valor al conocimiento científico más allá de las aulas y de lo “obligado” por el programa de estudios.

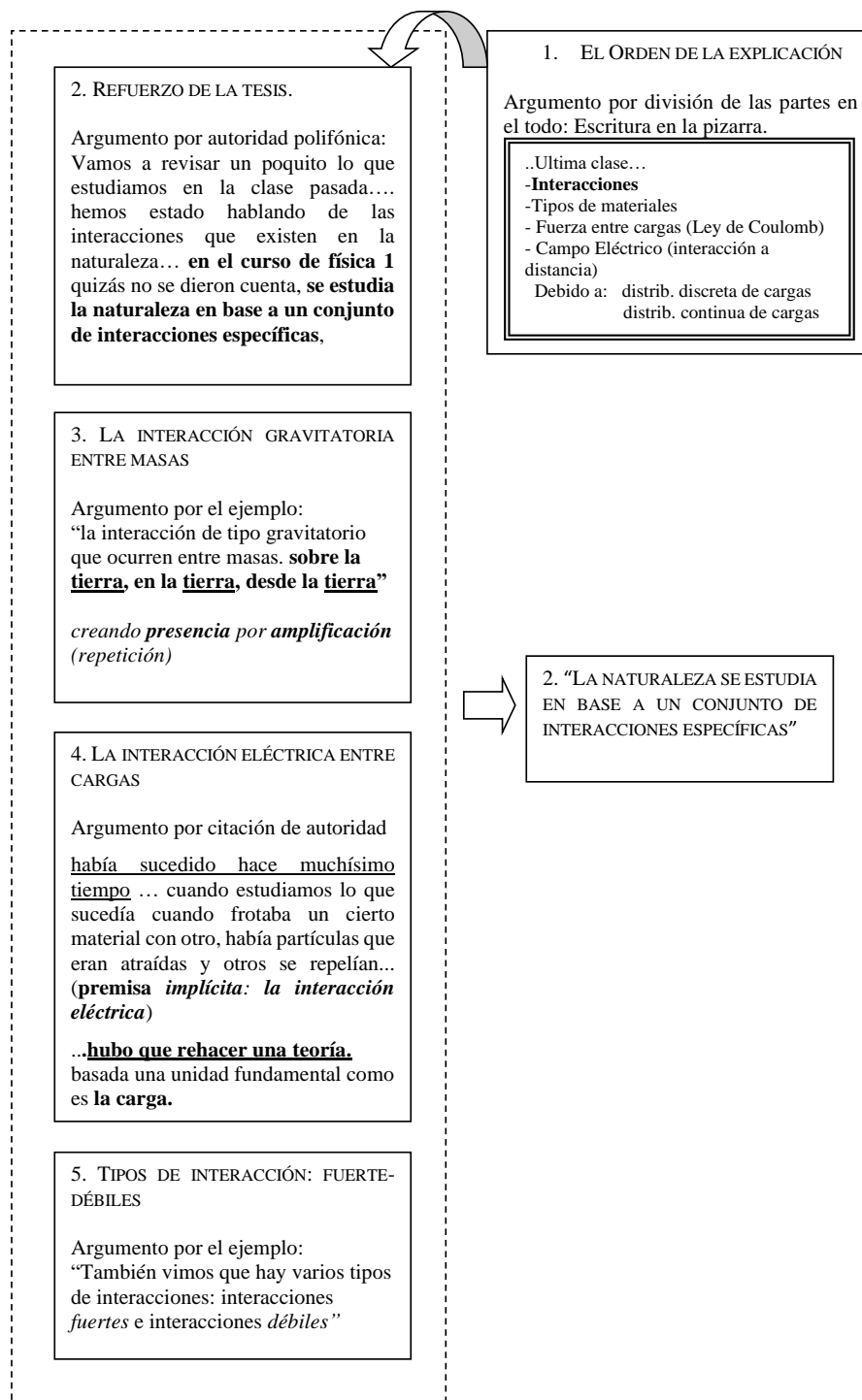


Figura 6.7. La interacción de los argumentos para presentar las interacciones en la naturaleza en la explicación. Profesor Pere. Episodios [A01_P].

Fuente: Elaboración propia

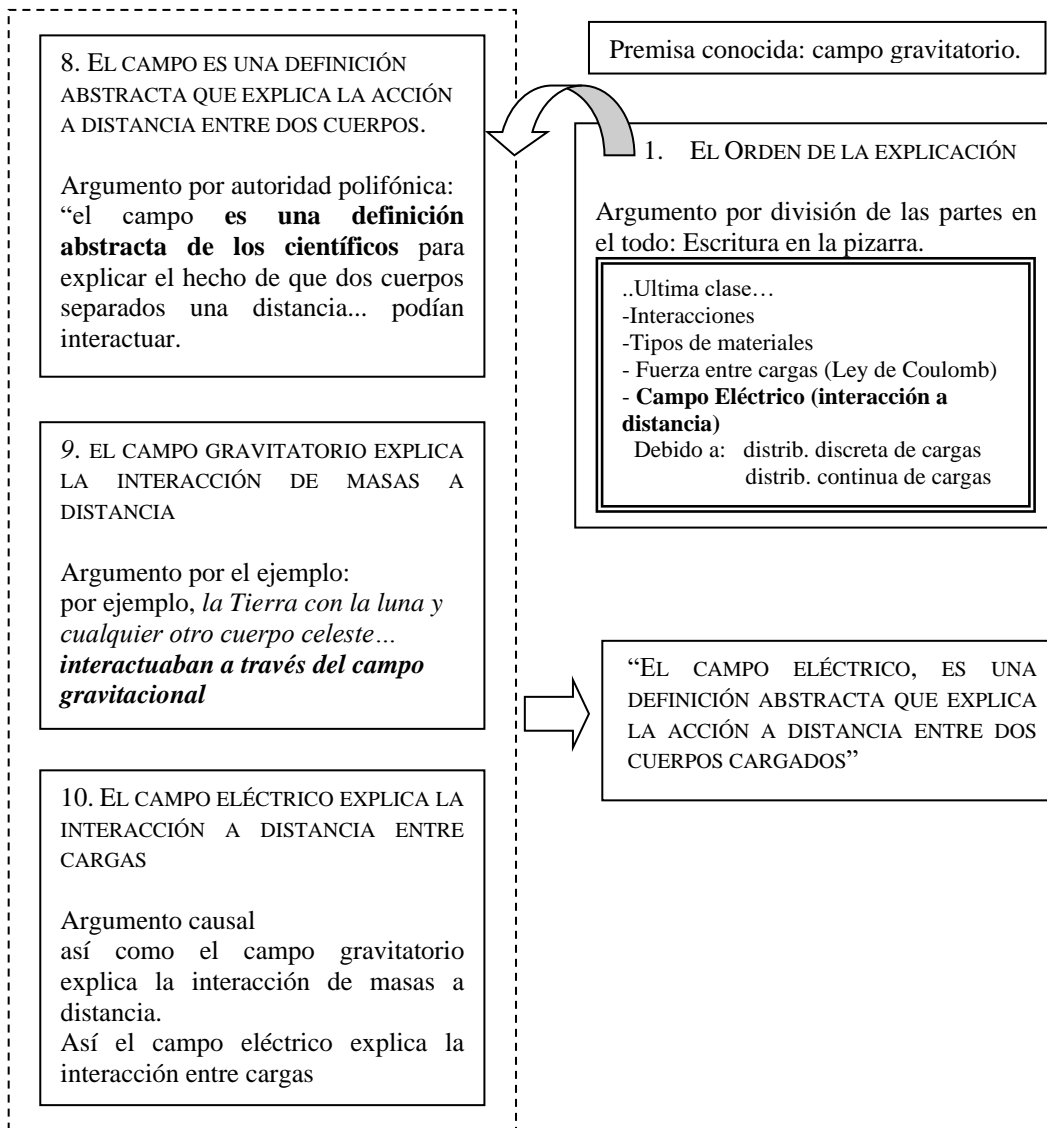


Figura 6.8. La interacción de los argumentos para presentar el concepto de campo eléctrico.
Profesor Pere. *Episodio [A05_P]*.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra otro estilo de explicación, usando el argumento por el ejemplo y dado por otro profesor.

6.7 El ejemplo: las líneas de campo y las cargas puntuales.

El argumento por el ejemplo. En esta parte de la historia, la labor de la profesora se centra en aportar razones al grupo clase que justifiquen el ‘cambio’ de las entidades a usar para analizar el comportamiento de las líneas de campo en un sistema de una carga puntual aislada, desarrollando la explicación hasta llegar a representar la interacción de dos cargas puntuales. Consideramos tal argumento como un ‘ejemplo’, dado que la profesora ‘sólo’ a partir del mismo, establece una generalización respecto a cómo expresar el comportamiento gráfico de las propiedades de la carga, que es un punto de evaluación, y las ‘variables relacionadas con el signo y magnitud de la carga. Dado como ejemplo de representación usando las líneas de campo eléctrico.

A continuación, se presenta la explicación de la profesora Laura quien, en un segmento de ocho minutos, realiza un ejemplo basado en el libro texto y en la pizarra, presentada en la tabla 6.30, Laura tiene el objetivo de explicarles cómo se realiza la representación de un sistema: que muestra la interacción entre dos cargas puntuales.



Laura, en la clase pasada, ya ha dado carga eléctrica, el concepto de campo eléctrico y ejercicios de resolución de problemas aplicando ley de Coulomb. En esta clase, de donde proviene el segmento, Laura inicia con la presentación del concepto de *líneas de fuerza* y sus características. Ahora, da inicio a este segmento de ocho minutos aproximadamente, (episodios B19-26) clasificado según los recursos, de la siguiente manera:

- Presentación del sistema: carga puntual, usando una fotografía del libro texto, que representa el comportamiento de las líneas de campo. Episodios B19_B20
- Representación en la pizarra del sistema 1: Carga positiva $+2Q$, episodio B21_L
- Representación en la pizarra del sistema 2: Carga negativa $-Q$, episodio B22_L
- Diferencias entre el sistema 2 y el sistema 1. Episodio B23_L
- Representación en la pizarra del sistema 3: dos cargas de signo y magnitudes diferentes: $+2Q$ y $-Q$. Episodio B24_L
- Representación en la pizarra del sistema 4: dos cargas positivas: $+Q$ y $+Q$. Episodio B25_L

Todo el segmento tiene el objetivo de mostrar al estudiante cómo se realiza la representación gráfica de un sistema formado por dos cargas puntuales, expresando su comportamiento mediante el trazado de las líneas de campo. Laura, crea significado al expresar de forma gráfica la carga eléctrica, su magnitud, signo y comportamiento del campo, intensidad del campo

eléctrico, atracción-repulsión entre cargas; usando las líneas de campo. Lo presenta en orden de dificultad, primero un sistema con una sola carga, aislado, y luego realiza el sistema con dos cargas para destacar sus diferencias en la interacción. Utiliza relaciones de proporcionalidad, simetría y de orientación de las líneas de campo eléctrico.

Tabla 6.30. Laura y la representación de cargas puntuales

<p>B21_L (2:42:50) Vamos a dibujar acá, dos cargas aisladas, una con una carga "más 2Q" y otra con una carga "menos Q" (dibuja en silencio) (2:43) yo quiero representar en forma cualitativa, que el campo eléctrico que rodea a la carga que esta más a la izquierda que tiene carga 2Q tiene que ser mayor que el campo eléctrico de la carga "-Q", porque ustedes saben que a mayor carga. el modulo del campo eléctrico es igual al valor de la carga dividido entre el cuadrado de la distancia. Yo voy a asumir que esta carga, inclusive podríamos poner esta positiva y esta negativa, (dibuja)</p>	
<p>Vamos a suponer que de esta carga salen doce líneas de fuerza, vamos a dibujar doce líneas y dibujamos esta carga acá, para que no interfiera... las líneas de E de una con las líneas de E de la otra. (1 min de interrupción...por la llegada de un control de asistencia.)</p>	
<p>B22_L (2:45:30) Bueno, tenemos aquí, ... (comienza a contar las líneas que dibuja, para asegurar que son 12), okey, si he dibujado ...las líneas de E salen, <u>porque?</u> son fuentes de campo eléctrico. „Si tomamos una monedita. Dibujamos ahora la carga "-Q" y yo quiero indicar que el campo eléctrico es menor que debo hacer. Si allá dibujamos doce y el campo es el doble, acá dibujamos ¿cuánto? ("seis" contestan) seis, „<u>Vamos a dibujar</u> seis... (se escucha a los muchachos corrigiendo, mientras la prof. dibuja). Aja, (<u>gira hacia los alumnos</u>) Cual es el error acá? (<u>se escucha el rumor "que entran"</u>) Esta clarito (<u>gira de nuevo y corrige el sentido de las flechas en el dibujo</u>)</p>	
<p>B23_L (2:46:47) Lógicamente, para hacerla correctamente, uno debe dividir la esfera en seis partes iguales, para que cada una de esas líneas cayera en cada uno de esos trozos, no como la dibujé yo que la dibujé en cualquier sector, donde hay zonas, como acá que se encuentran despejadas. Si yo tengo seis líneas de fuerza, yo tengo que dividir en seis partes iguales y en cada porcioncita ¿dibujar que cosa? una línea de fuerza, y en este caso, en esta esfera (<u>señala la de "2Q"</u>) dividir la esfera en doce partes iguales y colocar en cada parte ¿Qué cosa? una línea de fuerza.</p>	
<p>Al tener en este caso seis y aquí doce estoy indicando que el campo E en esta región del espacio (<u>señala "2Q"</u>) ¿cómo es? más grande, al tener apuntando hacia adentro ¿estoy indicando que la carga en el interior de la esfera como es?</p>	
<p>Negativa.</p> <p>B24_L (2:47:49) Si yo ahora, acerco a esos dos cuerpos, ... (<u>dibuja de nuevo las cargas pero una al lado de la otra</u>), que ocurre con las cargas de signo contrario? ("<u>se atraen</u>" contestan). Por tanto, entonces si aquí tengo seis y aquí tengo doce, de las seis de acá negativa llegaran a las seis positivas, y las otras cargas positivas quedan libres.</p>	
<p>B25_L Quiere decir que, visto a larga distancia, yo vería solamente ¿Cuántas líneas de fuerza? Solamente las seis positivas, indicándome que la carga neta es positiva, porque tengo mas carga positiva que negativa. Entonces, vamos a dibujar eso entonces...(<u>dibuja</u>) uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, y las otras restantes las dejan libres, ¿Cuántas hay que dibujar? Uno, dos, tres, cuatro, cinco y seis. De nuevo igualito ahí que hacer, dividen esto en doce partes iguales y de esas doce partes iguales, seis pedacitos de líneas de fuerza deben salir y llegar a la otra carga y colocan las líneas.</p>	
<p>B26_L (2:49:38) Y si yo tengo dos cargas del mismo signo, digamos positivas, ¿Qué pasa con dos cargas positivas? ("<u>se repelen</u>") (dibuja)...indicando qué cosa? Que los cuerpos se repelen. Bien vamos a hacer un ejercicio para la determinación de campo eléctrico para una distribución continua de cargas usando vectores unitarios... (2:50 fin de la construcción de la premisa (sub. tesis): línea de fuerza).</p>	

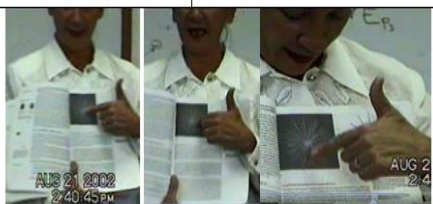




Fuente: Elaboración propia

6.7.1 Argumento por autoridad: la imagen del libro texto.

El argumento de autoridad, no basa la demostración en premisas, sino en la autoridad de algún personaje que antes ha defendido esa hipótesis. Las autoridades invocadas pueden ser muy variadas: ‘la opinión unánime’, ‘los científicos’, ‘la religión’, etc.; basados en que viene a corroborar una opinión que se considera común. Cros (2003) diferencia tres tipos de argumentos de autoridad: citación de autoridad, autoridad polifónica y referencia a la propia autoridad.

En este apartado, Laura inicia la explicación, utilizando la imagen de un libro texto como punto de partida, en la tabla 6.31 se presentan los dos primeros episodios del segmento cuando presenta y hace uso del libro texto.

Tabla 6.31. Laura y el argumento por citación de autoridad a través del libro texto.

CLASE N°3 DE LAURA – LINEAS DE CAMPO ELÉCTRICO – Ejemplo 1		Pizarra
<p>B19 L [Uso del texto como recurso] 2:40:20 Bien, vamos a tratar de dibujar...<i>(busca colores)</i> las líneas de fuerza para una configuración, en especial, yo me traje este libro <i>(toma el libro lo abre y muestra la pg. del libro Fishbane-Stokowsky)</i> porque de todos los libros que tengo a mi disposición este es el mejorcito que trae el grafico, aquí fíjense bien, no si lo ven allá atrás, pero yo se los paso ahorita para que lo vean.</p>		
<p>2:40:40 Aquí tenemos una carga puntual en un plano, donde se ve que estas líneas que salen de la carga, <i>(gesto con el índice sobre la figura del libro, y de allí hacia afuera, varias veces)</i>, 2:40:48 son las líneas de fuerza, el espacio que rodea a esa esferita cargada ¿es asiento de qué? de un campo de fuerza.</p>		<p>Si la carga es positiva, las líneas son radiales <i>(gesto con el brazo en alto, los dedos tocándose las puntas y separando, extendiendo la mano)</i>, ya lo vimos en la clase pasada, que el campo eléctrico es radial y proporcional a la inversa de la distancia del cuadrado, ¿qué quiere decir eso?</p> 
<p>B20 L 2:41:30 Fíjense bien que, si yo me alejo de la carga radialmente hacia fuera, tomando la misma unidad de área que podría ser una monedita un bolívar <i>(1 euro)</i> o un medio <i>(1 céntimo de euro)</i>, ¿el número de líneas que atraviesa esa pequeña moneda como es? Intenso, pero a medida que yo me alejo ¿el número de líneas que atraviesa esa moneda como es? es cada vez menor, no se si se ve allá atrás... ¿se ve? o no se ve?</p>		
<p><i>(Si!, contestan, pausa mientras la profesora lo muestra)</i>. Bien, esto es una tarea que yo les mando normalmente, <i>(enseñando el libro y gesticulando)</i> que es hacer en anime, cargas positivas y negativas; y con unos palillitos hacer la disposición de las líneas de fuerza, sobre la superficie de la esferita, para que ¡no se les olvide! que ¡todo el espacio que rodea a la esferita cargada ¿es asiento de qué? De un campo eléctrico. lo que tenemos al lado <i>(apunta sobre el libro)</i> son también líneas de fuerza, pero interceptado en el plano del papel,</p>		
<p>por lo tanto <i>aquí no se ve el efecto tridimensional</i>, de que toda este espacio, <i>(gesticula al frente del libro con la mano dibuja un círculo hacia afuera, y gira el torso, y un paso a un lado y regresa para que el libro y el “efecto tridimensional” sea visto)</i> toda esta parte de adelante, la parte de acá, ¿es asiento de qué?... de un campo eléctrico... Vamos a pasar el libro para que lo vean mejor...</p>		

Fuente: Elaboración propia

Al inicio del tema, Laura se refiere al texto ver el primer párrafo de la tabla 6.31, en la primera parte del episodio B19_L:

- “Bien, vamos a tratar de dibujar” ...- busca colores – “las líneas de fuerza para una configuración, en especial”
- “yo me traje este libro” - toma el libro lo abre y muestra la página del libro (Fishbane, Gasiorowicz y Thornton, 2010).
- “porque de todos los libros que tengo a mi disposición este es el mejorcito que trae el grafico, aquí fíjense bien, no si lo ven allá atrás, pero yo se los paso ahorita para que lo vean”

En este caso, se muestra la citación de autoridad, por la profesora Laura al introducir su ejemplo, fundamentando la configuración de las líneas de campo eléctrico para la carga eléctrica, con la imagen proporcionada por un libro de texto y describiéndolas a partir del propio libro en sus manos mostrando la imagen hacia los estudiantes.

La figura mostrada se presenta en la figura 6.9, es la imagen de una carga puntual y la representación de las líneas de campo que la profesora muestra a sus estudiantes.

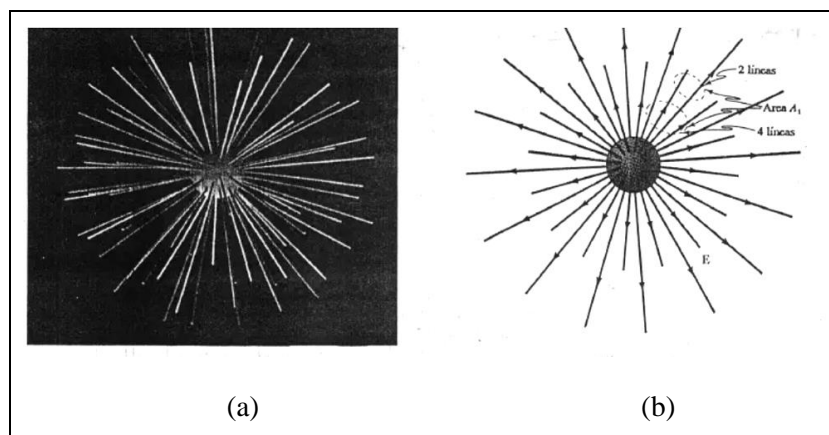


Figura 6.9. Imagen tomada del texto, para la explicación (episodios B19-20_L)

Fuente: (Fishbane, Gasiorowicz y Thornton, 2010, figura 23-9)

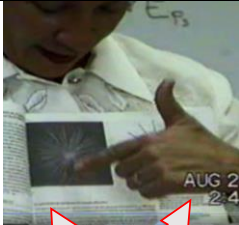
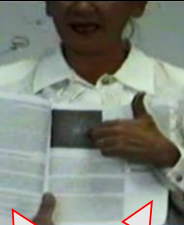




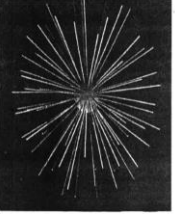
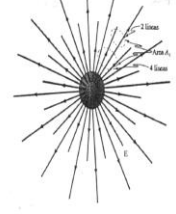
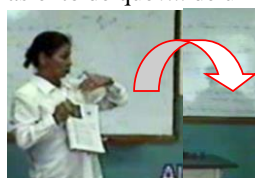

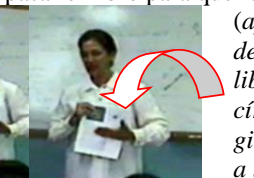
Y a partir de la autoridad que le da la imagen del libro, soporta su explicación.

En la tabla 6.32, repartidos en seis filas, se muestran los dos primeros episodios, donde Laura, partiendo de la premisa a través de un argumento de autoridad

En la primera fila, Laura inicia: - “vamos a dibujar las líneas de fuerza para una configuración”.

- yo me traje este libro ... el grafico, aquí fíjense bien, no sé si lo ven allá atrás, pero yo se los paso ahorita para que lo vean. *(toma el libro lo abre y muestra la figura)*
- “Aquí tenemos una carga puntual en un plano, donde se ve que estas líneas que salen de la carga, 2:40:48 son las líneas de fuerza, el espacio que rodea a esa esferita cargada ¿es asiento de qué? de un campo de fuerza. *(gesto con el índice sobre la figura, y de allí hacia afuera, varias veces),*
- *Si la carga es positiva, las líneas son radiales, ya lo vimos en la clase pasada, que el campo eléctrico es radial y proporcional a la inversa de la distancia del cuadrado, ¿qué quiere decir eso (gesto con el brazo en alto, la mano cerrada y luego la extiende la mano)*
- *B20_L 2:41:30 Fíjense bien, si yo me alejo de la carga radialmente hacia fuera, tomando la misma unidad de área que podría ser una monedita un bolívar*
- ..., ¿el número de líneas que atraviesa esa pequeña moneda como es? Intenso, pero a medida que yo me alejo ¿el número de líneas que *atraviesa esa moneda como es? es cada vez menor, se ve allá atrás... ¿se ve? (¡Sí!, contestan, pausa mientras muestra la imagen del libro). ¡Bien!*
- *lo que tenemos al lado son también líneas de fuerza, pero interceptado en el plano del papel, () aquí no se ve el efecto tridimensional, de que todo este espacio, toda esta parte de adelante, (gesto en círculos saliendo del libro, para simular el efecto tridimensional) la parte de acá, ¿es asiento de qué?... de un campo eléctrico. Vamos a pasar el libro para que lo vean mejor...*
- *B20_L (...) esto es una tarea que yo les mando normalmente, (enseñando el libro y gesticulando) que es hacer en anime (poliespán), cargas positivas y negativas; y con unos palillitos hacer la disposición de las líneas de fuerza, sobre la superficie de la esferita, para que ¡no se les olvide!*

Tabla 6.32. Episodios B19-20_L: Líneas de campo para una carga puntual.

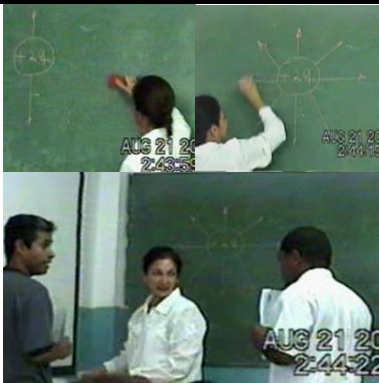

CLASE N°3 DE LAURA – LINEAS DE CAMPO ELÉCTRICO – Ejemplo Episodios B19-20_L: Representación imaginaria sobre la imagen del Libro texto Premisas recientes: carga eléctrica - campo eléctrico- líneas de campo eléctrico		
Descripción de la explicación.	Recurso: Libro texto + gestos	
B19_L 2:40:20 Bien, <u>vamos a tratar de dibujar...</u> (busca colores) <u>las líneas de fuerza para una configuración</u> , ... yo me traje este libro .. el grafico, aquí fíjense bien, no sé si lo ven allá atrás, pero yo se los paso ahorita para que lo vean.		 [Uso del texto como recurso] (toma el libro lo abre y muestra la figura)
2:40:40 Aquí tenemos una carga puntual en un plano, donde se ve <u>que estas líneas que salen de la carga</u> , 2:40:48 son las líneas de fuerza, <u>el espacio que rodea a esa esferita cargada ¿es asiento de qué?</u> de un campo de fuerza. <u>Si la carga es positiva, las líneas son radiales</u> , ya lo vimos en la clase pasada, que el campo eléctrico es radial y proporcional a la inversa de la distancia del cuadrado, <u>¿qué quiere decir eso?</u>	 	(gesto con el índice sobre la figura, y de allí hacia afuera, varias veces),
B20_L 2:41:30 Fíjense bien, si yo me alejo de la carga radialmente hacia fuera, tomando la misma unidad de área que podría ser <u>una monedita un bolívar</u> ... , ¿el número de líneas que atraviesa esa pequeña moneda como es? <u>Intenso, pero a medida que yo me alejo</u> ¿el número de líneas que atraviesa esa moneda como es? es cada vez menor, se ve allá atrás... <u>¿se ve?</u> (¡Si!, contestan, pausa mientras muestra la fig.). ¡Bien!	   	“una monedita” (gesticula índice y pulgar) Interacción con los estudiantes antes
lo que tenemos al lado son también líneas de fuerza, pero interceptado en el plano del papel, () aquí no se ve el efecto tridimensional , de que todo este espacio, <u>toda esta parte de adelante</u> , (gesto en círculos saliendo del libro, para simular el efecto tridimensional) la parte de acá, ¿es asiento de qué?... de un campo eléctrico. Vamos a pasar el libro para que lo vean mejor...	  	(apunta sobre la figura de la derecha, en el libro) (dibuja un círculo hacia afuera, y gira el torso y un paso a un lado y regresa)

Fuente: Elaboración propia

6.7.2 Ejemplo 1: dos cargas aisladas. La representación de +2Q

En la tabla 6.33, Laura presenta el ejemplo de este apartado. En la primera fila de la tabla se muestra a Laura presentando lo que va a realizar, el objetivo perseguido y la justificación.

Tabla 6.33. Episodio B21_L: dibujo del sistema: una carga puntual +2Q.

CLASE N°3 DE LAURA – LINEAS DE CAMPO ELÉCTRICO – Ejemplo Episodio B21_L: Dibujo en la pizarra de la carga +2Q Premisas recientes: carga eléctrica - campo eléctrico- líneas de campo eléctrico	
Descripción de la explicación.	Recurso: Dibujo + color
<p>B21_L (2:43) Vamos a dibujar acá, dos cargas aisladas, una con una carga “más 2Q” y otra con una carga “menos Q” (dibuja en silencio <u>yo quiero representar en forma cualitativa, que el campo eléctrico que rodea a la carga .. 2Q (señala) tiene que ser mayor que el campo eléctrico de la carga “-Q”.</u></p> <p>porque ustedes saben que a mayor carga. el módulo del campo eléctrico es igual al valor de la carga dividido entre el cuadrado de la distancia...</p>	 <p>(ubicada en la esquina de la pared, gira y señala con la mano a la figura)</p> <p>Señala en el aire arriba y abajo, como si estuviese la ecuación: q/d^2 escrita</p>
<p>Vamos a suponer que de esta carga salen doce líneas de fuerza, vamos a dibujar doce líneas y vamos a borrar esta carga de acá, para que no interfieran... las líneas de E de una con las líneas de E de la otra.</p> <p>(1,5min de interrupción...por la llegada de un control de asistencia y ella les pregunta “¿y la lista de los estudiantes la tienen ahí?”.)</p>	 <p>Borra la segunda carga para darle “materialidad”.. para que no interfieran las LCE de una con la otra</p>
<p>(2:45:30) Bueno, tenemos aquí, una, dos, (...) diez, once y doce, okey, (...) si he dibujado ...las líneas de E salen, ¿Por qué son qué? son fuentes de campo eléctrico.</p>	 <p>(comienza a contar las líneas que dibuja, para asegurar que son 12)</p>

Fuente: Elaboración propia

Laura inicia:

- a) Introduce: “Vamos a dibujar acá, dos cargas aisladas, una con una carga “más $2Q$ ” y otra con una carga “menos Q ”.
- b) indica el objetivo que persigue: “yo quiero representar en forma cualitativa, que el campo eléctrico que rodea a la carga $2Q$ tiene que ser mayor que el campo eléctrico de la carga “ $-Q$ ”,
- c) y justifica, “porque ustedes saben que a mayor carga..., el módulo del campo eléctrico es igual al valor de la carga dividido entre el cuadrado de la distancia”, y remarca con su gestualidad con la mano arriba y abajo como si estuviese presente la ecuación $[q/d^2]$.

Ahora, en la segunda fila de la tabla 6.33, se observan las imágenes de la acción de Laura y la representación de la carga positiva con líneas de fuerza. Laura se dedica a destacar la representación de la carga con las líneas de fuerza, y de que las cargas están muy separadas de modo que no interfieren entre sí.: “vamos a dibujar doce líneas y vamos a borrar esta carga de acá, para que no interfieran, las líneas de E de una con las líneas de E de la otra”

Ocorre una interrupción por un personal con el control de asistencia, y se escucha a Laura aprovechar de solicitar la lista de estudiantes.

Reinicia el dibujo, y remarca la importancia del número de líneas, contando las líneas en voz alta: “Bueno, tenemos aquí, una, dos, (..)... diez, once y doce, okey, (..) si he dibujado”. Y recuerda el sentido de las líneas de campo y justifica que corresponde por ser positiva o fuente, luego de una pregunta retórica. “las líneas de E salen porque ¿son qué? son fuentes de campo eléctrico”

En la tabla 6.33, se puede ver la imagen en la parte inferior, de cómo queda la representación de la carga positiva $+2Q$; en ella se observa un ovalo que representa a la carga, en su centro signo y magnitud de la carga, y alrededor doce líneas radiales con flechas que salen de la carga, representando a las líneas de campo o líneas de fuerza. Este número doce es un numero asumido por la profe, que luego relacionara en el siguiente apartado.

6.7.3 Ejemplo 1: La representación de -Q

En la tabla 6.34 se muestra el episodio B22_L con la explicación de Laura al dibujar la segunda carga. En la primera fila de la tabla, le da materialidad a la carga del tamaño de una moneda.

- “si tomamos una monedita y dibujamos ahora la carga “-Q”, y yo quiero indicar que el campo eléctrico es menor ¿qué debo hacer?
- “Si allá dibujamos doce y el campo es el doble, acá dibujamos ¿cuánto?
- Estudiantes: “¡seis!”, contestan y Laura afirma
- Seis, vamos a dibujar seis.

Laura se dirige a la pizarra, y dibuja un ovalo y cuatro líneas con flechas saliendo, ver la segunda imagen de la tabla. Se escucha a los estudiantes que corrigen a la profesora.

Estudiantes: “¡entran!”, entran....

Mientras, Laura termina de dibujar y aprovecha el error: - “Ajá!, ¿Cuál es el error acá?” - se escucha de nuevo el rumor “que entran”.

- ¡Esta clarito!, y corrige el sentido de las flechas en el dibujo y agrega dos flechas más.
- Allí están las seis

En la tercera fila, de la tabla 6.34, Laura detalla cómo debería ser la representación de las líneas de fuerza en la carga, manteniendo la simetría de las líneas: - “para hacerla correctamente, uno debe dividir la esfera en seis partes iguales, para que cada una de esas líneas cayera en cada uno de esos trozos” – acompañada de su gestualidad, cuando se refiere a la esfera dibuja un círculo con las manos, y para referirse a las líneas utiliza los índices para remarcar “cada una”.

Tabla 6.34. Episodio B22_L: dibujo del sistema: una carga puntual - Q.



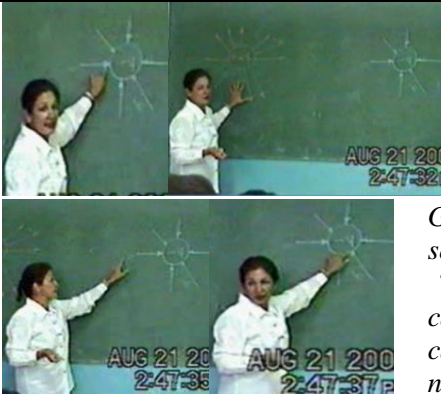
CLASE #3 LAURA – LINEAS DE CAMPO ELÉCTRICO – Ejemplo Episodios B22_L: Dibujo en la pizarra de la carga -Q Premisas recientes: dibujo de la carga +2Q; líneas de campo eléctrico		
Descripción de la explicación.	Recurso: Dibujo + color + gestos	
<p>B22_L (2:46) Si tomamos una <u>monedita</u> y Dibujamos ahora la carga “-Q”, y yo quiero indicar que el campo eléctrico es menor que debo hacer. (ubicada al extremo derecho) Si allá dibujamos doce y el campo es el doble, acá dibujamos ¿cuánto? (“¡seis!” contestan) seis, (regresa a la pizarra)</p> <p>..Vamos a dibujar seis.. (se escucha a los muchachos corrigiendo, - ¡entran! mientras Laura termina de dibujar y aprovecha el error)</p>		<p>(Dibuja un ovalo en el otro extremo de la pizarra)</p>
<p>(2:46:30) ...Ajá!, ¿Cuál es el error acá? (se escucha el rumor “que entran”)</p> <p>¡Esta clarito! (gira de nuevo corrige el sentido de las flechas en el dibujo y agrega dos flechas) Allí están las seis...</p>		<p>Dibuja las líneas, pero las flechas apuntan hacia afuera)</p>
<p>(2:46:50) Lógicamente, para hacerla correctamente, uno debe dividir la esfera en seis partes iguales, para que cada una (con los índices hacia arriba) de esas líneas cayera en cada uno de esos trozos, no como la dibujé yo (señala con las dos manos hacia la pizarra) que la dibujé en cualquier sector, donde hay zonas, como acá que se encuentran despejadas (se desplaza y en la pizarra coloca la mano sobre la zona).</p>		<p>(gira hacia los alumnos y pregunta para verificar si todos están de acuerdo)</p>
	<p>Gestos: un círculo “la esfera... el todo.” Los índices levantados: “cada una” Apunta: las dos manos hacia la pizarra la mano sobre la pizarra</p>	

Fuente: Elaboración propia

6.7.4 Cierre del ejemplo 1: Comparando las representaciones de cargas aisladas

Laura, en el episodio B23_L de la tabla 6.35, repite la distribución de líneas en ambas cargas, revistiendo de presencia a las líneas de fuerza: “si yo tengo seis líneas de fuerza, yo tengo que dividir en seis partes iguales y en cada porcioncita ¿dibujar que cosa? una línea de fuerza, y en este caso (en $+2Q$), dividir la esfera en doce partes iguales y colocar en cada parte ¿Qué cosa? una línea de fuerza”.

Tabla 6.35. Episodio B23_L: diferencias al representar las cargas puntuales $-2Q$ y $-Q$.

CLASE N°3 DE LAURA – LINEAS DE CAMPO ELÉCTRICO – Ejemplo Episodios B23_L: Diferencias entre las cargas: $+2Q$ y $-Q$ Premisas recientes: dibujo de: $+2q$ aislada, $-q$ aislada		
Descripción de la explicación.	Recurso: Dibujo + gestos	
<p>B23_L (2:47:10) Si yo tengo seis líneas de fuerza, <u>yo tengo que dividir en seis partes iguales</u> y en cada porcioncita ¿dibujar que cosa? una línea de fuerza, <u>y en este caso</u> (señala sobre la pizarra con mano en $+2Q$), en esta esfera <u>dividir la esfera en doce partes iguales</u> y colocar en cada parte ¿Qué cosa? una línea de fuerza.</p>		<p>(señala con el pulgar-índice unido)</p>
		<p>Resalta la proporcionalidad de las líneas según la magnitud de la carga/intensidad del campo.</p>
<p>Al tener en este caso seis y aquí doce estoy indicando que el campo E en esta región del espacio (señala “$2Q$”) ¿cómo es? más grande, al tener apuntando hacia adentro ¿estoy indicando que la carga en el interior de la esfera como es? Negativa.</p>		<p>Señalando de forma alternada a cada figura, a medida que explica</p> <p>Gestual, destaca el sentido del campo: “las líneas de campo, entran a la carga cuando es negativa”</p>

Fuente: Elaboración propia

Y resalta las diferencias entre magnitud y signo.

- a) distingue que una sea $2Q$ y la otra sea solo una Q , “al tener en este caso seis y aquí doce estoy indicando que el campo E en esta región del espacio ¿cómo es? más grande”,
- b) distingue que la carga de signo negativo, “al tener apuntando hacia adentro ¿estoy indicando que la carga en el interior de la esfera como es? Negativa”.

6.7.5 Ejemplo 2: Dos cargas: positiva: $+2Q$, y negativa: $-Q$

En la tabla 6.36, se muestran las imágenes del episodio B24_L, Laura, con su gestualidad como si agarrase las dos cargas, dice: - “si yo ahora, acerco a esos dos cuerpos, ¿qué ocurre con las cargas de signo contrario?” y los estudiantes responden: - “¡se atraen!”.

Laura inicia a dibujar la representación del nuevo sistema, como dos redondeles abajo en la pizarra. En su explicación, toma características de la representación anterior de las cargas aisladas, señalándolas con la mano, remarcando con el tono de voz, para luego dibujar en la nueva figura, y agrega:


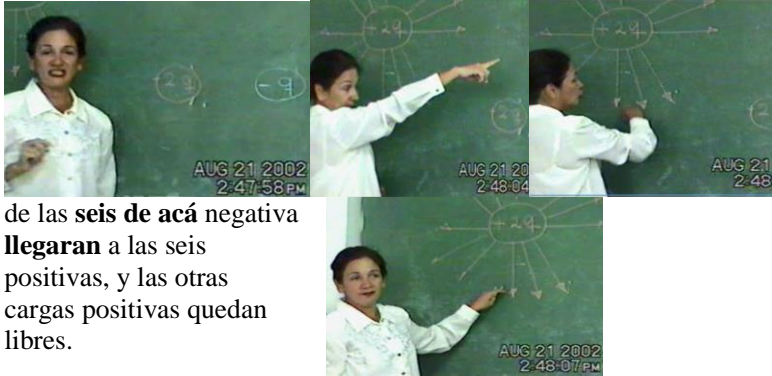
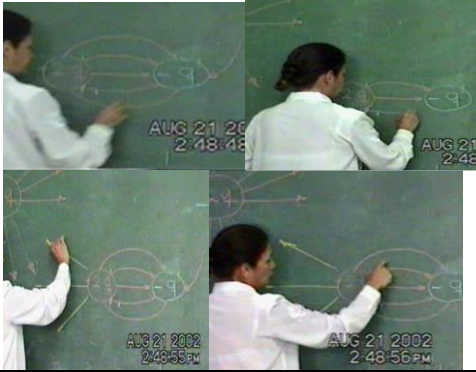
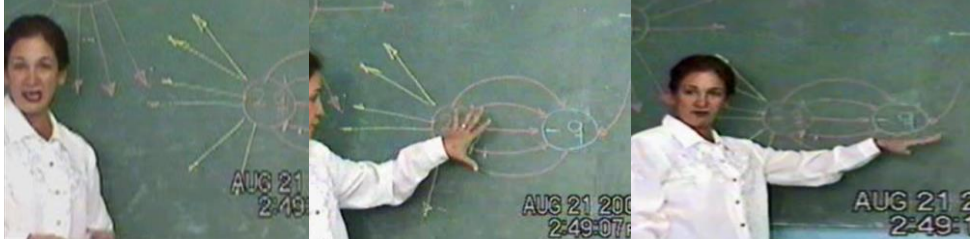
- “si aquí tengo seis y aquí tengo doce, de las seis de acá negativa llegaron a las seis positivas, y las otras cargas positivas quedan libres”.

En la segunda fila de la tabla, sigue destacando características de esta nueva representación: “- Quiere decir que, visto a larga distancia, yo vería solamente ¿Cuántas líneas de fuerza? Solamente las seis positivas, indicándome que la carga neta es positiva, porque tengo más carga positiva que negativa”.

A medida que dibuja las líneas de campo que salen de una carga y llegan a la otra carga, las remarca dándole un numero a cada una, con voz alta: - “vamos a dibujar eso entonces, uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, y las otras restantes las dejan libres, ¿Cuántas se tiene que dibujar? uno, dos, tres, cuatro, cinco y seis”.

Dibuja y repasa tocando las líneas con el dedo y contando para dibujar la última que faltaba.

Tabla 6.36. Episodios B24_L: dibujo del sistema: dos cargas puntuales: $+2Q$, $-Q$.

CLASE N°3 DE LAURA – LINEAS DE CAMPO ELÉCTRICO – Ejemplo Episodios B24_L: Dibujo de las dos cargas: $+2Q$ y $-Q$ Premisas recientes: dibujo de la carga $+2q$ aislada, de la carga $-q$ aislada		
Descripción de la explicación.		Recurso: Pizarra + gestos
<p>B24_L (2:47:40) Si yo ahora, acerco a esos dos cuerpos,</p>  <p>...¿qué ocurre con las cargas de signo contrario? (¡“se atraen!” contestan). Por tanto, entonces si aquí tengo seis y aquí tengo doce,</p>  <p>de las seis de acá negativa llegaran a las seis positivas, y las otras cargas positivas quedan libres.</p>	<p><i>Representación del imaginario:</i> Con las manos apuntando hacia cada carga, cierra las manos, simulando unir los dos elementos.</p> <p><i>(dibuja de nuevo las cargas, pero una al lado de la otra), (señala de manera alterna las cargas en la parte superior de la pizarra)</i> Señala la carga $2q$</p> <p><i>(señala de manera alternada)</i> Va dibujando las líneas mientras cuenta uno, dos, tres...</p> <p><i>Repite</i> señala cada línea mientras cuenta uno, dos, tres...</p> <p><i>Señala de forma alterna sobre la pizarra</i></p>	
<p>Quiere decir que, visto a larga distancia, yo vería solamente ¿Cuántas líneas de fuerza? Solamente las seis positivas, indicándome que la carga neta es positiva, porque tengo mas carga positiva que negativa.</p> <p>Entonces, vamos a dibujar eso entonces...(dibuja) uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, y las otras restantes las dejan libres,</p> <p>¿Cuántas se tiene que dibujar? Uno, dos, tres, cuatro, cinco y seis (pausa) <i>(repasa y cuenta las líneas para dibujar la última que faltaba).</i></p> 		
<p>De nuevo igualito ahí que hacer, si dividen esto en doce partes iguales y de esas doce partes iguales, seis pedacitos de líneas de fuerza deben salir y llegar a la carga ¿qué? Aquí (señala) a la otra carga) (2:49:10)</p> 		

Fuente: Elaboración propia

6.7.6 Ejemplo 3: Dos cargas positivas e idénticas.

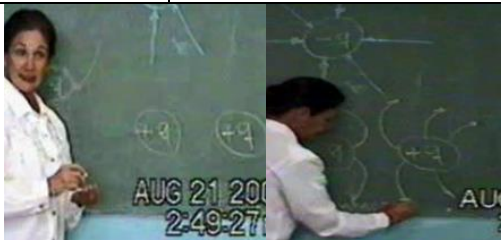

En la tabla 6.37, se muestra el episodio B25_L, donde Laura para cerrar la ejemplificación, agrega: “-y si yo tengo dos cargas del mismo signo, digamos positivas,

¿Qué pasa con dos cargas positivas?” los estudiantes contestan: “se repelen”.

Laura dibuja rápidamente la representación del nuevo sistema, mientras continua la explicación:
- “entonces las líneas d fuerza serian de esta manera, así ¿indicando qué cosa? Que los cuerpos se repelen”

De nuevo interrumpen, para entregarle la lista que solicitó.

Tabla 6.37. Episodios B25_L: dibujo del sistema: dos cargas puntuales: $+Q$, $+Q$.

CLASE N°3 DE LAURA – LINEAS DE CAMPO ELÉCTRICO – Ejemplo Episodios B25_L: Sistema con dos cargas idénticas Premisas recientes: líneas de campo y ejemplos anteriores: $(+2q)$ $(-q)$ $(+2q -q)$		
Descripción de la explicación.	Recurso: Dibujo en la pizarra	
<p>B25_L (2:49:17) Y si yo tengo dos cargas del mismo signo, digamos positivas, (<i>dibuja</i>) ¿Qué pasa con dos cargas positivas? (“<i>se repelen</i>”) (<i>dibuja</i>) entonces las líneas d fuerza serian de esta manera, así ...(<i>dibuja</i>)</p> <p>¿indicando qué cosa? Que los cuerpos se repelen. (<i>Le traen la lista que solicitó...</i>) Bien vamos a hacer un ejercicio para la determinación de campo eléctrico para una distribución continua de cargas usando vectores unitarios (2:50)</p>	 <p><i>Dibuja en la pizarra</i></p> 	

Fuente: Elaboración propia

6.7.7 La interacción de los argumentos en la explicación de Laura.

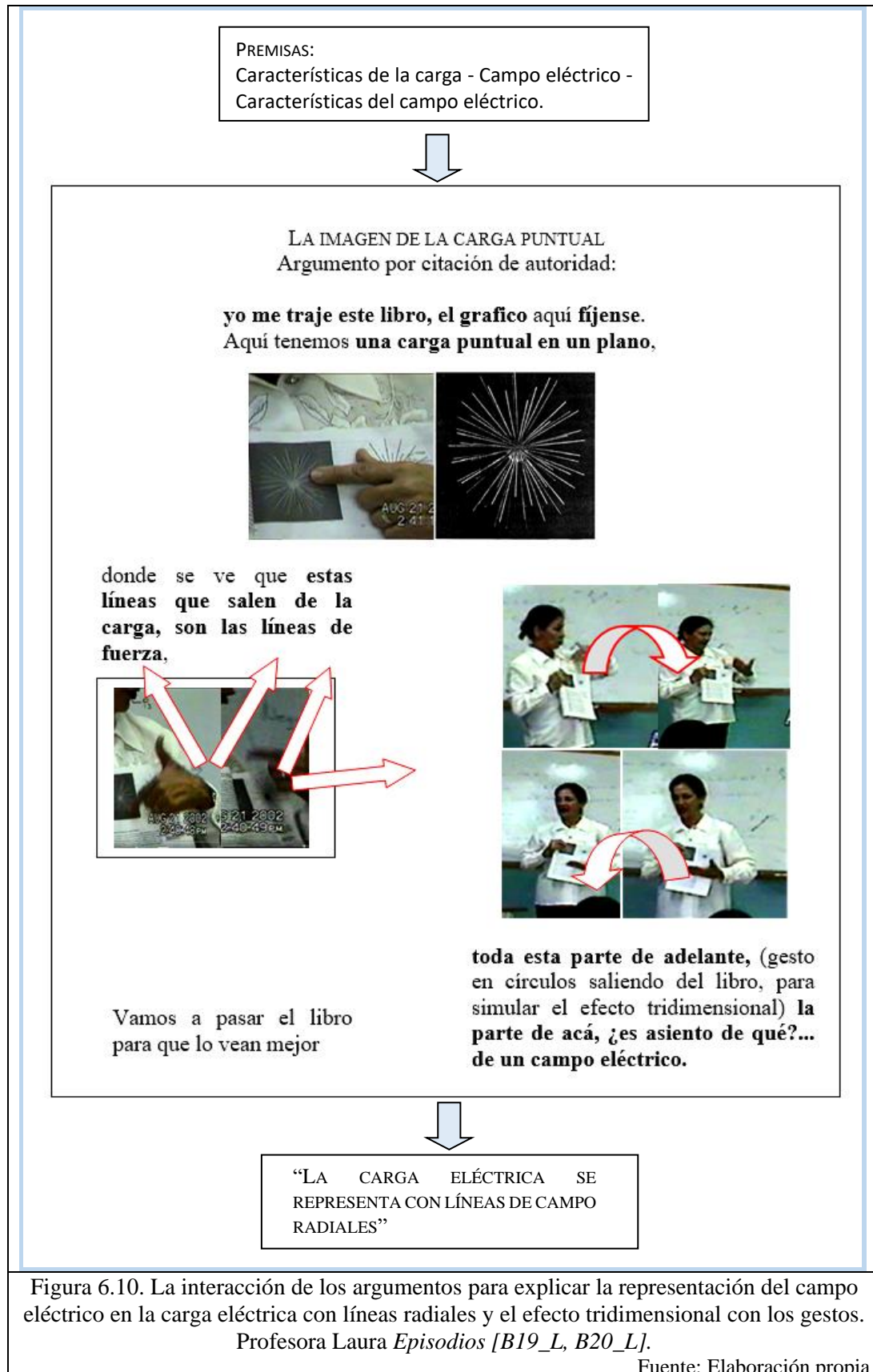
La interacción descrita en esta sección para presentar el argumento por el ejemplo, se puede representar con tres partes que lo describen siguiendo el orden de la explicación..

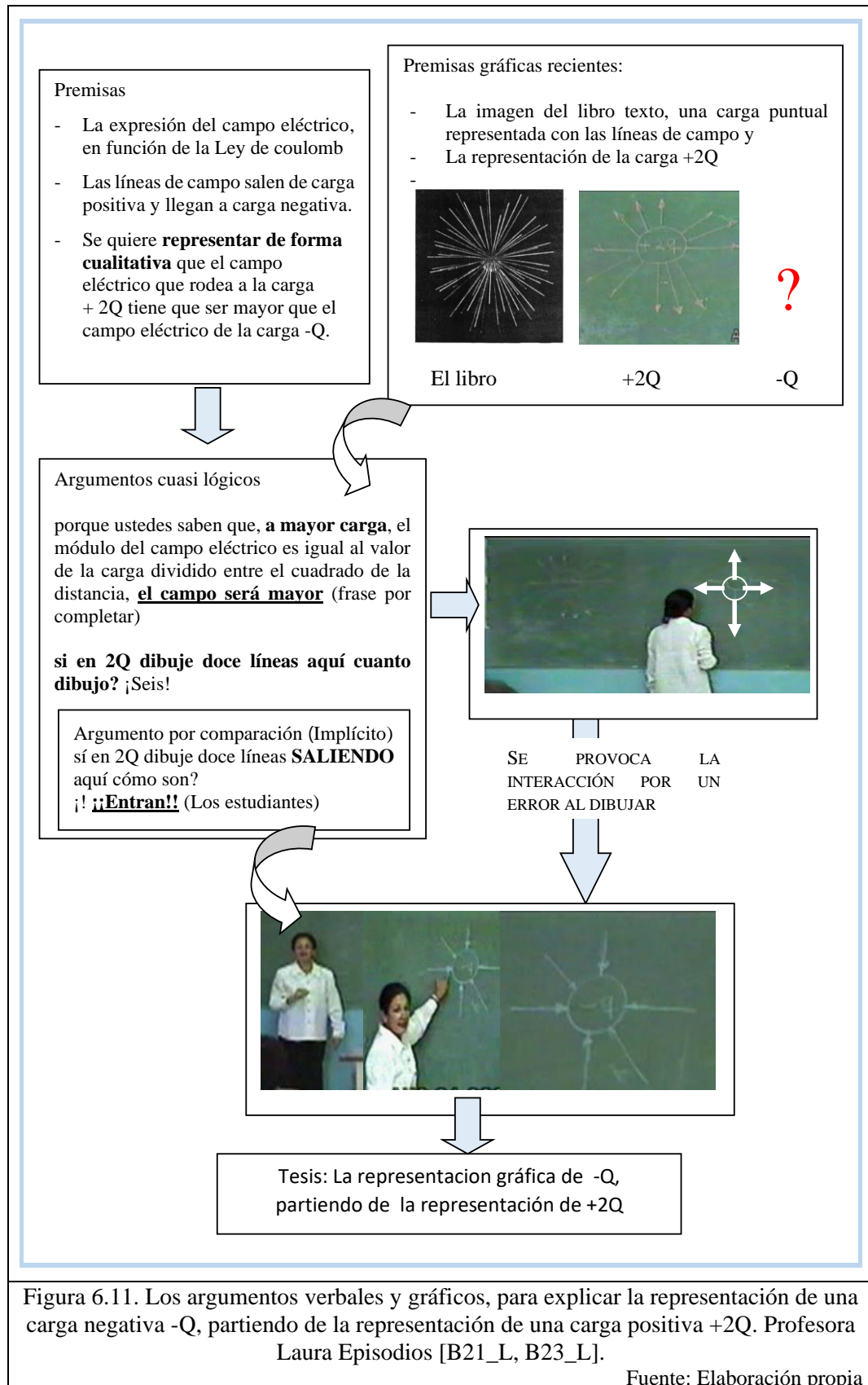
La primera, episodios [B19_L, B20_L], con la presentación de las líneas de campo de una carga puntual, utilizando *el argumento por citación de autoridad*, y la ilustración con representación gestual sobre el libro. Esta interacción se puede observar en la figura 6.10 que muestra como interactúa Laura para explicar la representación del campo eléctrico en la carga eléctrica con líneas radiales y el efecto tridimensional con los gestos, y justificar la tesis “*la carga eléctrica se representa con líneas de campo eléctrico, radiales saliendo*”.

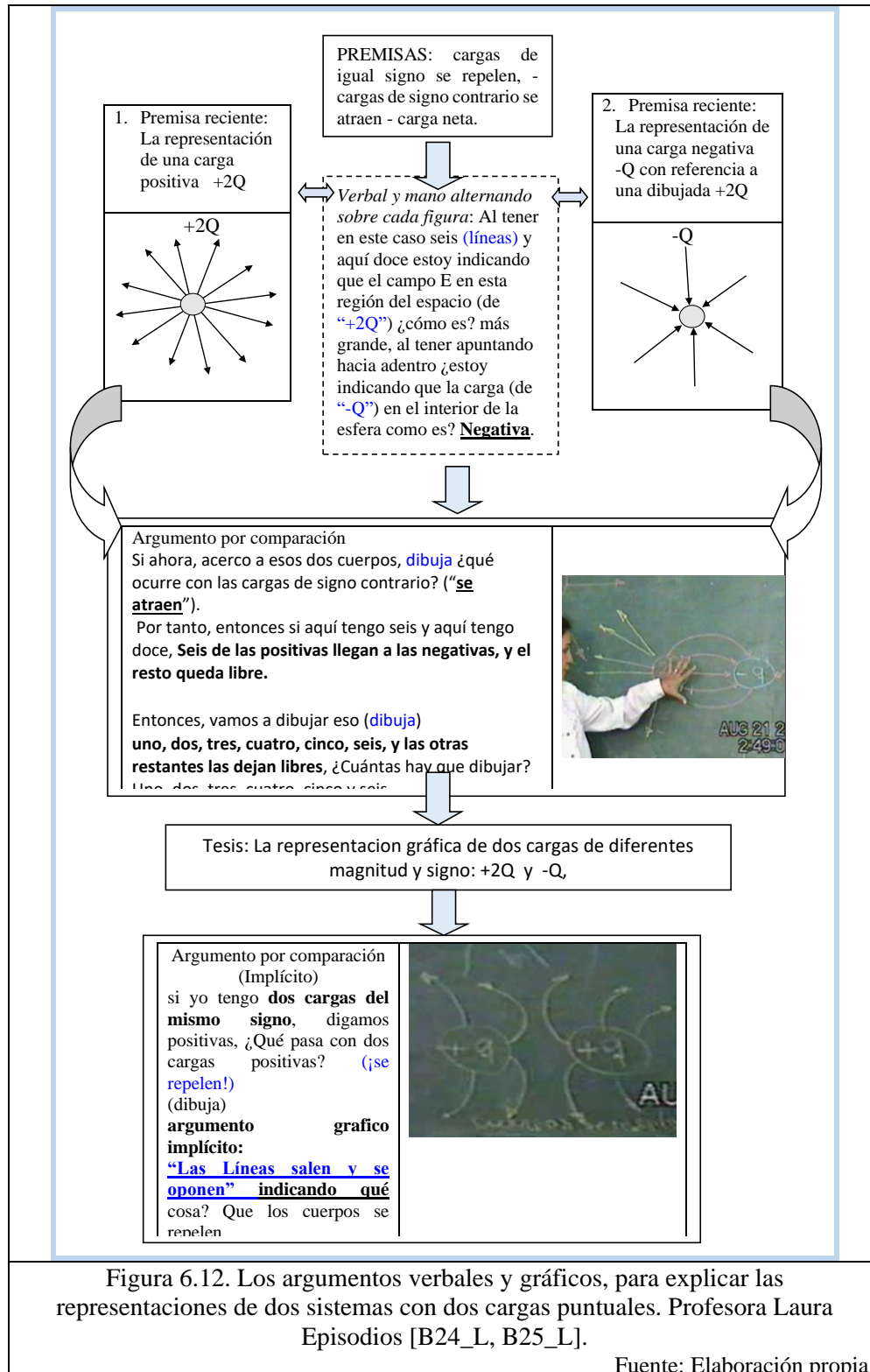
La segunda, episodios [B21_L, B23_L], muestra dos casos particulares o *argumentos por el ejemplo* de líneas de campo en la carga puntual, y se enlazan *con argumentos cuasilógicos de comparación*. Esta interacción se puede observar en la figura 6.11 que muestra como interactúa Laura con argumentos verbales y visual gráficos, para explicar *la representación de una carga negativa $-Q$, partiendo de la representación de una carga positiva $+2Q$* .

La tercera, episodios [B24_L, B25_L], similar a la segunda parte, muestra dos casos particulares, *argumentos por el ejemplo*, pero de mayor complejidad, cada uno con dos cargas puntuales. Y los relaciona con los anteriores casos a través de *argumentos cuasilógicos de comparación*.

Todo el segmento de explicación de Laura [B19_L, B25_L] constituye un *macro argumento por el ejemplo*. En este caso en una combinación en serie, o por etapas ya que uno alimenta al otro y enriquece el conocimiento sobre la representación de las líneas de campo para un sistema formado por una o dos cargas puntuales.







6.8 La multimodalidad en la construcción argumentativa de la historia científica: La carga eléctrica.

En este capítulo se ha analizado la historia explicativa desde la visión retórica argumentativa, identificando las tesis, premisas y argumentos entre otros. En este apartado resumimos la Historia construida de la carga eléctrica desde esta perspectiva, presentando por segmentos y contrastando el uso de los modos comunicativos realizados por el profesor. El objetivo es mostrar la relación de la multimodalidad en la argumentación del profesor. En la tabla 6.38 se presenta el *tablero modal*, con los modos comunicativos utilizados por los profesores en la historia construida de la carga eléctrica.

El tablero modal fue descrito en el capítulo cuatro. En el encabezado de esta tabla se colocan los profesores con sus explicaciones, con los segmentos de explicaciones descritos por el macro argumento que lo caracteriza. Así vemos que se forman seis grandes columnas, la primera contiene las categorías de los modos comunicativos y luego se presentan las columnas de los segmentos de explicación identificados como: Montse (ilustración), Montse (cuasilógico), Montse (demostración), Pere (División partes y el todo), y Laura (Ejemplo).

En las filas en la parte inferior se repite la identificación de los segmentos de explicación, con los episodios, nombre del profesor y el argumento.

Para cada episodio, se marcan los modos comunicativos utilizados por el profesor.

Con este tablero se puede mostrar la relación entre los argumentos y la multimodalidad. A continuación, se presenta la historia explicativa desde la visión argumentativa, resaltando los modos comunicativos.

Tabla 6.38. Tablero multimodal de la historia construida: La carga eléctrica.

Modos Comunicativos en la historia construida: “La carga eléctrica”																												
Modos Comunicativos (Tablero Modal)																												
Profes		MONTSE					MONTSE				MONTSE					PERE					LAURA							
Sub-tema		Introducción a la carga					Características de la carga				fenómeno de transferencia carga					Recapitulación – CE					Ejemplo carga eléctrica, CE y LCE							
Argumento		Ilustración					Cuasi lógico				Demostración					División partes del todo/ autoridad					Ejemplos							
	Episodio	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	19	20	21	22	23	24	25
Representación	ROGLibro																											
	ROGmímExp																											
	ROGExprinto																											
	ROGcuero																											
	ROGbarra																											
	ROG puerta																											
	ROIG electricidad																											
Dibujo	D4CARGA++																											
	D3CARGA+-																											
	D2CARGA-																											
	D1CARGA+																											
	Imagen libro																											
Enl	V→D																											
	R→ E																											
	V→E																											
Esc	E																											
	ETítulo																											
Gestual	GA																											
	GBeat																											
	GC																											
	GN																											
	Gno																											
	GFtono																											
	pausa																											
Pregunta	IntervError																											
	PR																											
	PF																											
	PG																											
	Pr																											
V	Habla																											
	Episodio:	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	19	20	21	22	23	24	25
ARGUMENTO		Ilustración					Cuasilógico				Demostración					Las partes/todo					Ejemplo							
Profes:		MONTSE					MONTSE				MONTSE					PERE					LAURA							

Fuente: Elaboración propia.

6.8.1 El argumento de ilustración y la multimodalidad.

A continuación, se muestra una descriptiva, que organiza el segmento de la historia [A01_M, A05_M], desde las tesis y argumentos más destacados, ver figura 6.4, acompañado de los modos comunicativos descritos en el tablero modal.

Tesis 2 Superior: El fenómeno de la carga eléctrica con la electrificación electrostática, es un hecho que se observa en el hacer cotidiano. **Macro -argumento de ilustración [A01_M, A05_M].** Formado en este segmento por tres estructuras en paralelo, encabezadas por Tesis 3, Tesis 8 y Tesis 9, que convergen todas a reforzar esta tesis superior.

- **Tesis 3:** Los experimentos de Electrostática son difíciles de realizar [A02_M]

Macro Argumento Visual de Ilustración por la mímica. Es una estructura combinada formada por dos estructuras en paralelo: una simple [T7] y la segunda formada a su vez por dos argumentos en serie [T4=T6 y T5].

Macro argumento Causal de sucesión, [T4=T6 y T5]:

Argumento de causa –efecto se muestra a través de mímica, (causa: La humedad o “algo” hace perder carga), y

Argumento de causa –efecto que se muestra a través de mímica (causa: la carga se pierde fácilmente si no está bien aislada o no se trabaja adecuadamente con el material)

Argumento de Autoridad: Los fenómenos de electrostática son fenómenos de energía. [T7]

- **Tesis 8:** La ropa en la secadora se electrifica. [A02_M]

Argumento visual por ilustración: Descripción narrativa y gestual. Montse realiza una representación con objeto imaginario (ROIG) *mímica de la secadora*, cuando saca la ropa de la centrifugadora y su gestualidad (seis veces GN) que ayuda a representar y hacer “visible” lo que le sucede a la ropa “*queda pegada*”, “*cuesta despegarla y suena*”.

Tesis 9: Mas de uno se habrá pegado un corrientazo en su vida cotidiana. **Macro argumento de Ilustración**, ver figura 6.4, formado por tres macro argumentos de ilustración. La primera estructura [T10, T11 en serie], y luego es reforzado [T12] y [T16]. [episodios A03_M, A05_M]

- **Tesis 9:** Mas de uno se habrá pegado un corrientazo en su vida cotidiana. [A03_M] (complementada con tesis 10, 11). Descripción narrativa y gestual, con onomatopeya.

Macro argumento visual por ilustración: Montse realiza una representación con objetos imaginarios (ROIG) *mímica de electrificar*: con el índice tocando algo; ¡bajar del coche, estar cargada a través del roce de la ropa y tocar el portón con la llave y ¡Pah! Sentir el corrientazo. Se refuerza con dos argumentos en serie:

Argumento de causa –efecto que se muestra a través de mímica, (causa: tener carga acumulada en el cuerpo), y

Argumento de causa –efecto que se muestra a través de mímica + onomatopeya. [a través de mi llave la carga pasa a la puerta] (causa: la carga moviéndose hacia tierra) causa mi corrientazo. (cadena de dos causa-efecto).

- **Tesis 12 central:** El coche al correr se carga por fricción. [A04_M] (complementada con tesis 16). Y reforzada por la **Tesis 13:** El carro (coche) al correr, las ruedas van rotando y con la fricción con el suelo se van cargando.

Argumento visual por ilustración: Descripción verbal acompañada de la gestualidad narrativa (4x GN) y de una dinámica usando la pregunta retórica (Pr) y la pregunta feedback (4x PF) para verificar la comprensión. Montse realiza una representación con objeto imaginario (ROIG) *mímica del coche* y explicando cómo se cargan los neumáticos.

Argumento por causa efecto: La carga adquirida por fricción de los cauchos al rotar y tocar el suelo causan carga en el chasis del coche que es conductor; pasa a Montse y a la llave causando el corrientazo + Argumento de Ilustración

Tablero Modal						
MONTSE		Introducción a la carga				
Argumento		Ilustración				
	Episodio	01	02	03	04	05
Representación	ROIG electricidad					puerta
	ROIG electricidad		secadora	electrifica	coche	coche
Gestual	GA					2x
	GB _{beat}					
	GC					
	GN	2x	6x	6x	4x	6x
	G _{no}			pah		
	GF _{tono}					
Pregunta	PR					
	PF				4x	
	PG					
	Pr					
V	Habla					

- **Tesis 17:** Algunos cuerpos (conductores) pueden descargarse fácilmente al tocar con otro cuerpo conductor no aislado del suelo y así producir *corrientazos* (en la persona que los toca), que proviene de la tesis 16: “Hay que tener cuidado por donde se mete la

manito, debido a las descargas que podamos recibir” que complementa la tesis 9, y está reforzada por las tesis T14 y T15. [A05_M]

Macro argumento visual por Ilustración: Descripción narrativa y con gestualidad (6x GN y luego con la puerta 2xGA) con mímica y onomatopeya. Formado por dos argumentos de ilustración, usando representaciones con objeto imaginario, que están interactuando en cadena o serie:

Argumento visual por ilustración: *mímica salir del coche* explicando cómo se cargan los neumáticos (ROIG_{coche}), como se carga el cuerpo con el roce de la ropa y el asiento [T14: El cuerpo humano se carga por contacto y el roce de la ropa con el material del asiento del coche], y luego

Argumento visual por ilustración: *la mímica de tocar la puerta de metal* (ROIG_{puerta}) para explicar cómo (¡pah!) se descarga y la carga se va a tierra, [T15: El cuerpo humano aislado al tocar un cuerpo conductor se descarga y se nota un corrientazo].

6.8.2 Las características de la carga eléctrica.

Tesis 21 Principal: Las características de la carga: Existen dos tipos de carga, la carga se conserva, la carga está cuantizada. **Macro - argumento cuasilógico de identificación** formado por tres argumentos en paralelo. [A06_M, A09_M].

- **Tesis 18:** La primera característica de la carga es que solo puede ser de dos tipos: positiva o negativa. [A06_M, A07_M]

Argumento visual cuasilógico de identificación y definición: Le da presencia al escribir debajo del título en la pizarra. Por nominalización en la pizarra debajo del título, y la numeración como la primera característica. Y lo refuerza visualmente con los gestos, al frotar las manos para representar como se cargan.

Argumento de Autoridad se basa en la explicación anterior.

- **Tesis 19:** La segunda característica de la carga es que se conserva. [A08_M]

Argumento visual de identificación: Le da presencia por nominalización al escribirla en la pizarra debajo de la primera, y numerarla como la segunda, entre comillas.

Argumento Cuasilógico de la parte en el todo: Es la base del edificio de la física.

Argumento por metáfora: Es la base del edificio de la física

Argumento de Autoridad porque lo dice la profesora

- **Tesis 20:** La tercera característica de la carga es que la carga esta cuantizada. [A09_M]

Argumento de Autoridad: porque lo dice la profesora.

Argumento visual de identificación y análisis: Le da presencia Por nominalización en la pizarra debajo de la segunda. Y la numeración como la tercera. Utiliza la pregunta retórica continuada para buscar la participación del alumnado: “¿esto que quiere decir?, ¿qué quiere decir que está cuantizada?”, y se desplaza hacia al alumnado para crear cercanía, y revestir de importancia lo que dice.

Modos Comunicativos		Tablero Modal			
MONTSE		Características de la carga			
Argumento		Cuasi lógico			
	Episodio	06	07	08	09
Esc	E				
	ETítulo				
Ces	GA				
	GN		2x		
Pregunta	PR				
	PF				
	PG				
	Pr	2x			
V	Habla				
	Episodio:	06	07	08	09
ARGUMENTO		Cuasi lógico			

6.8.3 La Demostración como argumento.

Formado por dos estructuras, la primera la demostración visual utilizando la representación con objetos [A10_M, A11_M], y la segunda [A12_M, A15_M] que complementa la presentación de las características de la carga [A06_M, A09_M], utilizando el argumento causal, soportado en la primera estructura de la demostración. Se pueden observar en las figuras 6.5 y 6.6.

6.8.3.1 La Demostración como argumento.

Tesis Principal 22: Los materiales en su naturaleza son neutros y se electrifican por frotamiento. **Macro-Argumento por demostración con representación con objetos.** [A10_M, A11_M] (ver figura 6.5)

- **Tesis 23:** La materia es neutra. [inicio de A10_M]

Argumento Cuasi lógico -Transitivo ($a \rightarrow b$, $b \rightarrow c$ entonces $a \rightarrow c$). ustedes saben que la materia es neutra, porque los átomos son neutros... como la materia está formada de moléculas, y estas a su vez formada de átomos entonces el átomo es neutro Utiliza retroproyector con imágenes de libro.

- **Tesis 24:** Para electrificar cualquier material uno tiene que colocarle carga eléctrica, y para que pueda observarse el efecto, tiene que ser liviano, para que pueda vencer la gravedad”. [A10_M]

Argumento visual de ilustración, por representación del imaginario, la mímica. Uso de la gestualidad para motivar la representación del imaginario, a través de la mímica. Utilizado para la preparación de la audiencia a la demostración.

- **Tesis 25 implícita:** La carga se transfiere, por lo que un cuerpo se puede cargar por frotamiento. [A11_M]. Al acercar un cuerpo cargado a otro neutro, se atraen, luego al tocarse los cuerpos se transfieren cargas y se repelen.

Argumento de demostración por representación con objetos físicos. Realizada en silencio. Acerca la barra cargada (frotada con piel) a uno de los poliespán (anime) colgantes. Se observa que el anime es atraído. pero al tocarse la barra y el anime, se separan solas. [A11_M]

6.8.3.2 *El argumento causal basado en la demostración que da soporte a la definición.*

Tesis 21 Principal: Las características de la carga. Existen dos tipos de carga, la carga se conserva, la carga está cuantizada. Soportada en la **tesis 25**, episodio [A11_M] con la demostración forma un **Macro argumento Causal visual de sucesión**, basado en la estructura de lo real, enlazados al macro argumento de demostración por representación con objetos anterior, que fundamenta la estructura de lo real. [A12_M, A15_M] (ver figura 6.6)

- **Tesis 26:** La carga que obtiene el vidrio al frotarse, se le llama positiva, y la del ámbar al frotarse se le llama negativa [inicio de A12_M].

Argumento causal de sucesión. Explicación basada en objetos: él estaba neutro, yo cargué esto con una carga negativa y (*apunta a la pizarra hacia los tipos de carga: positiva y negativa*). porque dijimos que la del vidrio es positiva y la del ámbar es negativa (*completa la pizarra*) (tabla 6.20, y tabla 6.21)

- **Tesis 27:** Cargas de diferentes signos se atraen y cargas de igual signo se repelen. [A12_M].

Argumento de demostración por representación con objetos físicos. Repite la acción anterior (*acerca la barra cargada a uno de los animes colgantes*) soportando su discurso verbal con lo escrito en la pizarra para conectar la demostración con “la primera característica de las propiedades de la carga”. Refuerza la premisa de “atracción” cuando se acerca la barra cargada al poliespán, luego se tocan, el poliespán obtiene carga, y con la acción del poliespán de alejarse refuerza la premisa “cargas iguales se repelen”. (tabla 6.21)

Argumento causal de sucesión con gestualidad y objetos: ¿qué sucede? El poliespán es atraído por la carga negativa, y.... cuando se pega”, le pasa la carga... y se sueltan”. “cargas iguales se repelen...”, afirmando la premisa implícita, que ya ha explicado anteriormente

- **Tesis 28:** En un aislante sólo se carga la parte que se frota. [A13_M].

Argumento causal de sucesión gestualidad y objetos: “estos son aislantes, yo solo frote este lado y solo queda cargado este lado si yo trato de poner este otro lado – no pasa nada, no le pasa nada” – No pasa nada. ...en cambio, si pongo este lado que todavía está cargado si se atraen “en un aislante solamente se carga la parte que se frota”. (tabla 6.22)

- **Tesis 29:** Los cuerpos se cargan por frotamiento. Al frotar los cuerpos, se les suministra energía, que hace que los electrones de la última capa salgan, quedando el material con exceso o deficiencia de electrones. [A14_M].

Argumento causal de sucesión gestualidad y objetos: 4. “¿Cómo se carga? cuando froto estoy es suministrando energía suficiente a los electrones para que salgan ¿se recuerdan? los electrones de la última capa salen. En este caso se carga con negativo...queda con exceso de electrones y esto que está aquí queda con deficiencia de electrones” (tabla 6.24). La energía causa que los electrones de la última capa salgan, y queda el material con exceso o déficit de electrones (efecto)

- **Tesis 30:** en un sistema cerrado, la carga neta se conserva. La carga no se crea, ni se destruye, ni se transforma, sólo se transfiere de un elemento a otro. [A15_M].

MONTSE		fenómeno de transferencia carga					
Argumento		Demostración					
	Episodio	10	11	12	13	14	15
Representación	ROGLibro						
	ROGmímExp						
	ROGExprinto						
	ROGcuero						
	ROGbarra						
	Imagen libro						
Enl	V→D						
	R→E						
	V→E						
Esc	E						
	ETitulo						
Ges	GA			3x	5x	3x	3x
	GN	2x	2x			4x	4x
Pregunta	IntervError						
	PR						
	PF						
	PG						
	Pr					2x	
V	Habla						
	Episodio:	10	11	12	13	14	15
ARGUMENTO		Demostración					
Profes:		MONTSE					

Argumento causal de sucesión gestualidad y objetos: “¿Cómo trabaja la conservación de la carga? Fíjense... yo al frotar, saque de aquí (*señala la piel*) tres electrones ... se vienen para acá (*señala la barra*) no es que se vienen dos y el otro quien sabe para donde se va, si aquí (*señala la piel*) faltan tres aquí (*señala la barra*) tiene que haber tres... eso es lo que quiere decir la conservación de la carga... la carga ni se crea así de la nada ni se destruye...si de aquí salieron diez electrones, se vinieron para acá, cuando yo hice así... (*frota la barrita*)” (tabla 6.25).

6.8.4 PERE, y el argumento de división del todo en las partes.

En este segmento de Pere, realiza una recapitulación de la clase anterior, con una visión global de la Física. Inicia presentando en la pizarra, títulos con los temas dados, y títulos de la clase que continua. En su discurso interrelaciona la gestualidad entre lo escrito en la pizarra y su discurso verbal ($V \rightarrow E$), es lo que destaca, realizando las conexiones y dando coherencia al todo mostrado. Para distinguir las tesis se añade la extensión con el nombre del profesor (ejemplo T10_P).

Tesis Principal: La naturaleza se estudia en base a un conjunto de interacciones específicas. Inicia con la segunda línea escrita en la pizarra “Interacciones” y la enlaza en su discurso con los títulos siguientes: fuerza entre cargas, ley de Coulomb, campo eléctrico (interacción a distancia), ver figura 6.7. [A04_P, A05_P].

Argumento por Autoridad Polifónica. Porque fue visto en el curso del semestre anterior: Física 1.

- **Tesis 11_P:** La Ley Coulomb es un resultado experimental que define la fuerza entre dos cargas eléctricas, en función de las cargas y la distancia que las separa. [A04_P]
- **Tesis 12_P:** “El campo es una definición abstracta que explica la acción a distancia entre dos cuerpos”

Argumento por autoridad polifónica: “es una definición abstracta de los científicos para explicar el hecho”

Argumento		División partes del todo/ autoridad				
		01	02	03	04	05
Enl	Episodio					
	$V \rightarrow D$					
	$R \rightarrow E$					
	$V \rightarrow E$					
Esc	E					
	ETítulo	6x				
	pausa					
V Pregunta	PR					
	PG,PF					
	Pr					
V	Habla					
	Episodio:	01	02	03	04	05
ARGUMENTO		Las partes/todo				
Profes:		PERE				

- **Tesis 13a_P: La interacción gravitatoria entre masas:** el campo gravitatorio explica la interacción de masas a distancia“

Argumento por el ejemplo. La Tierra con la Luna y cualquier otro cuerpo celeste, interactúan a través del campo gravitatorio.

- **Tesis 13_P: La interacción eléctrica entre cargas eléctricas.**“El campo eléctrico explica la interacción a distancia entre cargas”

Argumento causal así como el campo gravitatorio explica la interacción de masas a distancia. Así el campo eléctrico explica la interacción entre cargas eléctrica.

Argumento por citación de autoridad había sucedido hace muchísimo tiempo ... cuando estudiamos lo que sucedía cuando frotaba un cierto material con otro, había partículas que eran atraídas y otros se repelían... (premisa implícita: la interacción eléctrica) ...hubo que rehacer una teoría. basada una unidad fundamental como es la carga.

- **Tesis14_P: Existen dos tipos de interacciones: fuertes y débiles.**

Argumento por el ejemplo: “También vimos que hay varios tipos de interacciones: interacciones fuertes e interacciones débiles”

6.8.5 Macro argumento visual del Ejemplo.

A continuación, se presenta la historia explicativa de Laura, desde la visión argumentativa. Para distinguir las tesis se añade la extensión con el nombre de la profesora (ejemplo T1_L).

Tesis 1_L principal: “La representación del campo eléctrico utilizando las líneas de campo”. Casos: sistemas de una o dos cargas puntuales. **Premisas:** Características de la carga - Campo eléctrico - Características del campo eléctrico. **Macro argumento visual del Ejemplo,** con la presentación de varios casos particulares.

- **Tesis 2_L:** Las líneas de campo para una carga puntual, se dibujan con líneas radiales que salen de la carga. [B19_L, B20_L], ver figura 6.10.

Argumento por citación de autoridad, ejemplo del libro texto.

Argumento por ilustración a través de la gestualidad. “yo me traje este libro, fíjense aquí tenemos una carga puntual en un plano, donde estas líneas que salen son las líneas de fuerza”, *gestualiza* sobre el libro texto para simular líneas saliendo del libro, “toda esta parte de adelante, ¿es asiento de qué? De un campo eléctrico” y *luego gestos en*

círculos con la mano y girando torso y libro para que sea visto por toda la audiencia.
(ver tabla 6.32)

- **Ejemplo 1: “Las líneas de campo para dos cargas eléctricas aisladas con magnitud y signo diferentes: $2Q$ y $-Q$ ”.** Premisas: La expresión del campo eléctrico en función de la ley de coulomb, Las LCE salen de carga positiva y llegan a carga negativa, la imagen de cómo se representan las líneas de campo para una carga puntual. [B21_L, B23_L], ver figura 6.11.

- **Tesis 3_L:** “La representación del campo eléctrico para una carga $+2Q$, usando las líneas de campo”. [B21_L]

Argumento visual por ilustración a través del dibujo: Vamos a suponer que de esta carga salen doce líneas de fuerza, vamos a dibujar doce líneas (...) las líneas de E salen, ¿Por qué son qué? son fuentes de campo eléctrico. **Dibujo:** *la carga es un ovalo, escrito en su centro: $+2Q$, y alrededor doce líneas radiales con flechas que salen de la carga representando a las líneas de campo o líneas de fuerza.*

- **Tesis 4_L:** “La representación del campo eléctrico para una carga $-Q$, usando las líneas de campo y partiendo de la representación realizada para la carga $+2Q$ ”. [B22_L, B23_L].

Argumento cuasilógico por comparación: “yo quiero representar en forma cualitativa, que el campo eléctrico que rodea a la carga ... $2Q$ (señala) tiene que ser mayor que el campo eléctrico de la carga “ $-Q$ ”, (*gira y señala con la mano a la figura*) porque ustedes saben que **a mayor carga**. el módulo del **campo eléctrico es mayor** porque el campo es igual al valor de la carga dividido entre el cuadrado de la distancia... (*señala en el aire arriba y abajo, como si estuviese la ecuación: q/d^2 escrita*).

Argumento causal visual: “Si ahora yo quiero indicar que el campo eléctrico en $-Q$ es menor **¿qué debo hacer?**, “Si allá dibujamos doce y el campo es el doble, acá dibujamos ¿cuánto? (los estudiantes responden: “¡seis!”), y Laura afirma. (..) **Dibuja**. Resalta la proporcionalidad de las líneas según la magnitud de la carga/intensidad del campo,

Argumento cuasilógico por comparación: usando la **Gestualidad**, “las líneas de campo entran cuando la carga es negativa” “al tener apuntando hacia adentro ¿estoy indicando que la carga en el interior de la esfera como es? Negativa”. resalta las diferencias entre magnitud y signo. [B23_L]

- **Ejemplo 2:** “Las líneas de campo para un sistema de dos cargas eléctricas, con magnitud y signos diferentes: $2Q$ y $-Q$ ”. [B23_L]. **Premisas:** las características de la carga, cargas de signos diferentes se atraen y cargas de igual signo se repelen; Tesis 2_L, Tesis 3_L con la imagen de cómo se representan las líneas de campo para una carga puntual, comparadas entre sí, magnitud y signos. [B24_L]. ver figura 6.12.

- **Tesis 5_L:** La representación gráfica de un sistema formado por dos cargas de magnitud y signos diferentes: $+2Q$ y $-Q$, **Argumento visual cuasilógico por comparación:** Si ahora, acerco a esos dos cuerpos, dibuja *¿qué ocurre con las cargas de signo contrario?* (“se atraen”). Por tanto, entonces si aquí tengo seis y aquí tengo doce, Seis de las positivas llegan a las negativas, y el resto queda libre. Y **dibuja** uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, y las otras restantes las dejan libres, ¿Cuántas hay que dibujar? Uno, dos, tres, cuatro, cinco y seis (*gesto:* señala cada línea).

- **Ejemplo 3:** “Las líneas de campo para un sistema de dos cargas eléctricas, de igual signo y magnitud: $+Q$ y $+Q$, usando las líneas de campo” [B25_L].

- **Tesis 6_L:** La representación gráfica de dos cargas positivas de igual magnitud: $+Q$. **Argumento por comparación (Implícito)** si yo tengo dos cargas del mismo signo, digamos positivas, ¿Qué pasa con dos cargas positivas? (¡se repelen!) (dibuja) **argumento grafico implícito:** “Las Líneas salen y se oponen” indicando qué cosa? Que los cuerpos se repelen.

Modos Comunicativos (Tablero Modal)								
Profes		LAURA						
Sub-tema		Ejemplo carga eléctrica, CE y LCE						
Argumento		Ejemplos						
	Episodio	19	20	21	22	23	24	25
Representación	ROGLibro							
	ROGmímExp							
	ROGExprimto							
	ROGcuero							
	ROGbarra							
	ROGpuerta							
	ROIGelectricidad							
Dibujo	D4CARGA++							
	D3CARGA+-							
	D2CARGA-							
	D1CARGA+							
	Imagen libro							
Enl	V→D							
	R→E							
	V→E							
Esc	E							
	ETitulo							
Gestual	GA	2x				5x	8x	
	GBeat							
	GC		moneda					
	GN	2x	3x					
	Gno							
	GFtono							
Pregunta	pausa							
	IntervError							
	PR				2x			
	PF							
	PG							
V	Pr	2x	2x	2x		4x	3x	
	Habla							
	Episodio:	19	20	21	22	23	24	25
ARGUMENTO		Ejemplo						
Profes:		LAURA						

6.9 Resultados en la historia científica: La carga eléctrica.

En este capítulo se ha presentado la primera parte del Análisis meso, donde se analiza cómo desarrolla la historia la profesora Montse, Pere y Laura intentando comprender, cómo emerge el conocimiento que de la audiencia tiene el profesor, para construir la historia. Montse inicia, y en la primera ilustración se analizan los enlaces que realiza el profesor de episodio a episodio, observándose inicialmente la elaboración de la historia dirigida a que sus estudiantes tengan contacto con la carga eléctrica a través del hacer cotidiano. Es un esfuerzo por darle *presencia*, visibilidad al concepto captando la atención de la audiencia en esa historia inicial basada en la recreación del imaginario, para luego retomar la parte formal de describir las propiedades de la carga eléctrica apoyándose con la escritura en la pizarra.

Tipos de argumentos encontrados en las explicaciones

En la construcción de argumentos, se observaron: a) **argumentos cuasi lógicos**, se observó el lógico de *identidad y definición*, y los *cuasilógicos matemáticos* como argumentos de *comparación* y Pere con la *división de las partes y el todo*; b) **argumentos que fundamentan la estructura de lo real**, en concreto se identifican *argumentos por el caso particular Montse con la ilustración, Laura con el ejemplo*, y Montse con el *argumento de demostración visual*; se observó una metáfora, y c) **argumentos basados en la estructura de lo real**, como el argumento causal de sucesión, y el argumento de *autoridad*, basado en una relación de coexistencia. Todos estos son **argumentos de asociación**. No se encontraron *argumentos de disociación*.

Se observó como Montse en la Ilustración, utiliza una Demostración utilizando objetos rudimentarios, como para dar el mensaje a los estudiantes que ellos lo pueden realizar también, que es fácil. Luego que viene del procedimiento esperado del profesor que es la escritura en la pizarra de los contenidos, y empieza el segmento de la demostración con una mímica con los *dedos en pinza*, para introducir “el fenómeno de la transferencia de la carga eléctrica”, recreando el imaginario con el objeto de: a) resaltar que para colocar carga a un elemento neutro hay que “colocársela”, en este caso con el contacto con un objeto cargado, b) resaltar que para observar el fenómeno el objeto debe ser liviano para que pueda “vencer la gravedad”

representando la gravedad con el índice hacia abajo y lo más importante c) prepara a la audiencia de lo que viene, para ganar el máximo de su atención.

En la tabla 6.39 se muestran los tipos de argumentos usados por los profesores en esta historia explicativa.

Tabla 6.39. Argumentos encontrados en los tres profesores

Argumentos		MONTSE	PERE	LAURA
Cuasilógicos	Lógico	Definición/ Identidad Transitividad		
	Matemático	Comparación	División del todo y las partes. Comparación	Arg Visual de Comparación
Argumentos que Fundamentan la estructura de lo real				
Visual Caso Particular	Ilustración	Arg. Visual Macro Argumentos		Arg. Visual
	Ejemplo			Arg. Visuales Macro argumentos
	Demostración visual	Arg. Visuales Macro Argumentos		Arg. Visuales Macro Argumentos
Analogía/metáfora		Metáfora		
Argumentos que se basan en la estructura de lo real				
Enlace de Coexistencia	Autoridad	Autoridad propia	Autoridad propia Autoridad Polifónica	Autoridad propia Citación de autoridad
Enlace de Sucesión	Causal	Macro argumento Causal		Arg. Visual Causal

Fuente: Elaboración propia

- Montse.** En este capítulo se ha tratado de mostrar, una historia sencilla que desde el punto de vista temático con sólo cinco líneas con las propiedades de la carga eléctrica en la pizarra sería suficiente, pero desde la construcción de significados existe una belleza en la elaboración y representación de la historia que construye Montse que, si no se está presente o si no se detiene a analizar ahora como lector, se deja de percibir. Este es el trabajo vocacional hacia la enseñanza que se resume en la explicación, una elaboración que hace el profesor para sus estudiantes, con las pocas herramientas que a menudo se dispone; haciendo uso de los modos comunicativos, para darle sentido a la construcción de significados, en ese pensamiento de ingeniero que se está formando.

Con estos primeros episodios Montse en su explicación ha realizado varias actividades, tales como: La preparación de la audiencia a la clase: Carga eléctrica, la explicitación de contenidos soportados en grandes rasgos sobre la pizarra (las propiedades de la carga), la preparación “para ver” la demostración y la demostración en sí misma. Una vez preparada la audiencia, realiza la demostración en silencio

En esta parte del segmento la profesora logra crear una base de trabajo durante la creación de significados, que le permita seguir construyendo otros nuevos. *Montse con su explicación ha facilitado la construcción de significados de: la carga eléctrica, la transferencia de carga entre cuerpos, como los más destacados: pero a la vez ha construido un escenario para construir nuevos significados, y entre ellos las propiedades de la carga eléctrica.*

En los episodios restantes de la historia, Montse *utiliza la demostración para crear los enlaces con la teoría* y soportar las características de la carga que está escrita en la pizarra. Aprovechando los elementos de la demostración (la barra y el poliespán), Montse trabaja con sus estudiantes la construcción de significados sobre los signos de las cargas eléctricas, elementos “neutro”, positiva o negativa, que cargas iguales se repelen, cuerpos aislantes, en un aislante la carga está “sólo en la parte que se frota”. En el último episodio elabora su explicación alrededor de la conservación de la carga, dando presencia a “los electrones de la última capa *salen*”, deficiencia o exceso de electrones, repite el frotamiento de la barra con el trozo de tela, para explicar la transferencia de carga hacia la barra: “si de aquí salieron diez electrones, se vinieron para acá cuando yo hice así” señalando a cada elemento sólo elemento.

Lo interesante es la acción del profesor que, sin perder su formalidad del dictado de contenidos, no deja en ningún momento de tomar y verificar que la audiencia esté a su lado en la historia.

- **Pere**, muestra un ejemplo de comportamiento discursivo en el aula, con una gran oratoria en la apertura de la clase, quien inicia con un silencio y luego manejando la pausa y una buena narrativa académica introduce nuevas informaciones científicas, que abarca más de lo que se va a desarrollar en clases. El profesor Pere da un repaso de lo visto en la clase anterior, pero en la explicación no sólo introduce los términos y conceptos dados en la clase anterior ya vistos sino que introduce nuevas informaciones científicas que no va a desarrollar en clases; dejando un eslabón abierto de nuevo conocimiento sobre el estado actual de la

investigación en la Física sobre, la materia oscura, la teoría unificada de los campo, la teoría de bandas, quizás abiertas para discusión en los espacios entre clases o fuera del aula, creando la adhesión de la audiencia intelectual.

- **Laura.** Luego viene la explicación de la profesora Laura quien, en un segmento de ocho minutos al igual que el profesor Pere. Laura realiza tres ejemplos de representación de cargas eléctricas, basado en el libro texto y en el dibujo en la pizarra. Laura tiene el objetivo de explicarles cómo se realiza la representación de un sistema: que muestra la interacción entre dos cargas puntuales.

Todo el segmento tiene el objetivo de mostrar al estudiante cómo se realiza la representación gráfica de un sistema formado por dos cargas puntuales, expresando su comportamiento mediante el trazado de las líneas de campo. Laura, crea significado al expresar de forma gráfica la carga eléctrica, su magnitud, signo y comportamiento del campo, intensidad del campo eléctrico, atracción-repulsión entre cargas; usando las líneas de campo. Lo presenta en orden de dificultad, primero un sistema con una sola carga, aislado, y luego realiza el sistema con dos cargas para destacar sus diferencias en la interacción. Utiliza relaciones de proporcionalidad, simetría y de orientación de las líneas de campo eléctrico

Se puede observar, al igual que con Montse, la acción de la profesora quien, en cada situación explicativa de los ejemplos, no deja en ningún momento de verificar que la audiencia esté a su lado en la historia.

7. La mirada didáctica y trayectoria de tensiones.

Las líneas de campo eléctrico.

Análisis y resultados

✚ En este capítulo se presenta la “historia construida” sobre el tema “*líneas de campo eléctrico*”, elaborada a partir de historias explicativas de los tres profesores de estudio, analizada desde: la dimensión 1 didáctico-comunicativa, la dimensión 3 de la multimodalidad y la dimensión T de la representación. Esta historia construida sobre las líneas de campo eléctrico enlaza tres momentos diferentes dentro del programa curricular, donde las líneas de campo construyen significados relacionados con el campo eléctrico, el flujo eléctrico y la aplicación de la ley de Gauss. Se recoge la actuación de Laura en la elaboración de la entidad líneas de campo eléctrico, Pere en la presentación de un ejemplo que afianza el concepto de flujo eléctrico y Montse en una aplicación de la ley de Gauss en la resolución de problemas. Este capítulo persigue desde el marco teórico, caracterizar la historia construida desde la visión didáctica y multimodal en una clase universitaria y obtener un análisis a un nivel mayor que permita la representación de la trayectoria que sigue la explicación, desde las tensiones generadas a lo largo de la historia.

7.1 Introducción

La narrativa curricular a través de la explicación se convierte, vista desde la continuidad y desarrollo de su construcción, en la historia científica. En estas historias resalta la representación multimodal a través de la *puesta en escena* del profesor junto a sistemas físicos e imaginarios que, junto a la explicación van transformando el escenario del aula, con el fin de crear significados. Para ello el profesor hace uso de los recursos multimodales que dispone en el aula recreando el imaginario del estudiante y haciendo visible la historia explicativa.

Este segundo análisis de las historias pretende mostrar la utilidad de las “líneas de campo eléctrico” como recurso didáctico para crear significados, partiendo de una inquietud que en el entorno de la asignatura y discutida entre físicos e ingenieros, que es la pertinencia o no de las líneas de campo eléctrico dentro del contenido programático de electrostática.

Se presentan las explicaciones de cada profesor como tres historias, con propósitos diferentes en la unidad temática de campo eléctrico, en las que se utiliza o construye el concepto de la “línea de campo eléctrico”, luego se presenta el análisis con los aspectos didácticos de cada historia que caracterizan las formas de intervención del profesor, la puesta en escena, la trayectoria narrativa con las categorías multimodales de cada historia. Luego de caracterizar a los tres profesores, se presentan los resultados comparados de las tres historias desde los aspectos didácticos y la trayectoria narrativa según el propósito de la historia. Finalmente se presenta el cierre del capítulo con la utilidad de las líneas de campo en la asignatura.

7.1.1 Las líneas de campo eléctrico en el programa curricular de Física.

Dentro del programa de Física Electromagnética de la facultad de ingeniería de la Universidad de Carabobo en Venezuela, se ha discutido siempre sobre la utilidad del concepto de las líneas de campo eléctrico para el estudio del tema campo eléctrico. Existen investigaciones (Osorio B., Mejía, Osorio, J.A., Campillo y Covalada, 2012; Guisasola, Almudi, Ceberio, y Zubimendi, 2008; Guisasola, Salinas, Almudi y Velazco, 2003; Furió, y Guisasola, 2001) sobre las dificultades de razonamiento de los estudiantes de ingeniería entorno a los conceptos de electromagnetismo, donde se resalta como necesario que el profesor realice un proceso de construcción del conocimiento, para la familiarización de los estudiantes con el modelo de líneas de campo y con los conceptos que se relacionan con él, como el flujo y la circulación de campo.

Varios profesores de Física fueron entrevistados acerca de su posición sobre el uso o no del concepto de líneas de campo en el programa de Física en electrostática. Entre ellos, se encontraron tres posiciones:

- a. Es necesario. Una afirmación fue: "Las líneas de campo son muy necesarios para construir el concepto de campo eléctrico debido a que facilitan al estudiante describir tanto la

intensidad de campo como el comportamiento vectorial del campo eléctrico, un concepto que no es visible...”, esta posición es compartida por Laura

- b. Es un compromiso. La posición de Montse se muestra con esta respuesta: "Yo explico las líneas de campo, ya que está dentro del programa, pero no estoy convencida de la utilidad de este concepto, ya que podría crear ideas erróneas en el estudiante", ... “muchas veces los estudiantes las describen como líneas de campo con movimiento, y confunden el vector campo con las líneas de campo”)
- c. No es necesario. La visión de Pere es radicalmente distinta en afirmar: "Creo que no es necesario explicar el modelo de las líneas de campo eléctrico para estudiar el tema de campo eléctrico".

Este análisis se centra en los segmentos del discurso, de los tres profesores: Laura, Montse y Pere, todos ellos con diferentes opiniones en relación con la utilidad de las líneas del campo dentro del programa de Electromagnetismo.

La historia a los fines de los objetivos curricular-situado, del desarrollo de la narración y de la coherencia del currículo, se presenta compuesta por tres historias, primero la profesora Laura, luego Pere y finalmente Montse. Se seleccionaron tres momentos dentro de la explicación, que organizados según el programa curricular aborda los tres temas: líneas de campo eléctrico, flujo eléctrico y ley de Gauss (ver capítulo 5 de análisis macro, apartado 5.7.2). El orden de la elaboración de la historia se hace uniendo las mini historias explicativas de los profesores en el orden que más se acerca a la “narrativa” del modelo elaborado por Mortimer y Scott (2003).

- Introducción. La apertura al tema: las líneas de campo eléctrico (LCE), integración intelectual y emocional de la audiencia, los estudiantes, al desarrollo de la historia.
- Inicio y desarrollo de la narración científica con la creación de significados. Definición y propiedades de las líneas de campo. Profesora Laura.
- Comprensión de la visión científica. Ejemplo: Determinación del flujo eléctrico a través de una esfera con una carga eléctrica en su centro. Guía a los estudiantes para trabajar con las ideas científicas y su internalización. Profesor Pere.
- Aplicación de la visión científica. Resolución de problemas. Aplicación de la ley de Gauss para determinar el campo eléctrico generado por un plano conductor infinito. Profesora Montse.

7.1.2 Las categorías de análisis para “líneas de campo eléctrico”.

En los estudios de Lvarsson J, Linderöth L. Säljö R. (2009), que hablan de la representación en las imágenes, presentan un buen contexto de este concepto que resalta en este capítulo. En la historia humana, las representaciones juegan un papel importante en la mediación para el desarrollo de conocimientos, habilidades e identidades y para todos los diferentes tipos de prácticas sociales que intervienen en la construcción de la comunidad y la vida social en general. En la tradición sociocultural (Vygotsky, 1995), la idea de la mediación y la acción mediada es fundamental. El concepto de mediación se introdujo originalmente por Vygotsky al argumentar en contra de la noción simplista de la conducta humana como simples respuestas a los estímulos del mundo exterior, los procesos mentales son de origen social y están mediados a través de la interacción.

La representación se consigue mediante la combinación de herramientas simbólicas y recursos físicos. Las herramientas para mediar en el mundo tienen su origen en la sociedad y en las actividades humanas; que emergen a través de prácticas que se extienden a lo largo del tiempo esta socialización es, en parte construida sobre la práctica, en la selección y visualización de lo que se considera como formas relevantes de hablar y pensar acerca de las representaciones lo que se manifiesta en la formación de una profesión específica.

En este capítulo se analiza la multimodalidad, el lenguaje, imágenes o cualquier otra forma de representación como recursos para la creación de significado, y como la construcción de significados es siempre relativa a las prácticas sociales del contexto específico de la formación, se observa la actuación del profesor desde su intención de comunicar a los estudiantes formas institucionalizadas de “crear entidades”, “ver”, analizar, escribir, y producir textos multimodales en el contexto de la formación específica de futuros ingenieros.

El tema: “las líneas de campo eléctrico”, como se ha comentado antes, ha sido elaborado uniendo fragmentos explicativos de los profesores, uno por cada profesor, y estas mini historias se unen según el orden programático (ver capítulo 5 de análisis macro. apartado 5.7.2).

En esta historia construida, se va a mostrar como el profesor hace uso de la entidad líneas de campo para construir los conceptos relacionados con el campo eléctrico (el saber enseñado), y para mostrar cómo el profesor utiliza la representación multimodal como lenguaje en la construcción de significados, y así ayudar a dar *presencia* a las ideas o conceptos del tema

que va elaborando.

Para explicar el análisis realizado en este capítulo, se recuerda el esquema de la pirámide introducida en el capítulo 5 de análisis macro, y que se muestra en la figura 7.1. donde cada cara representa una de las diferentes visiones del marco teórico con las que se analizó cada historia. La mirada principal para esta historia estará compuesta por la arista de cruce entre la visión didáctica y la visión multimodal.

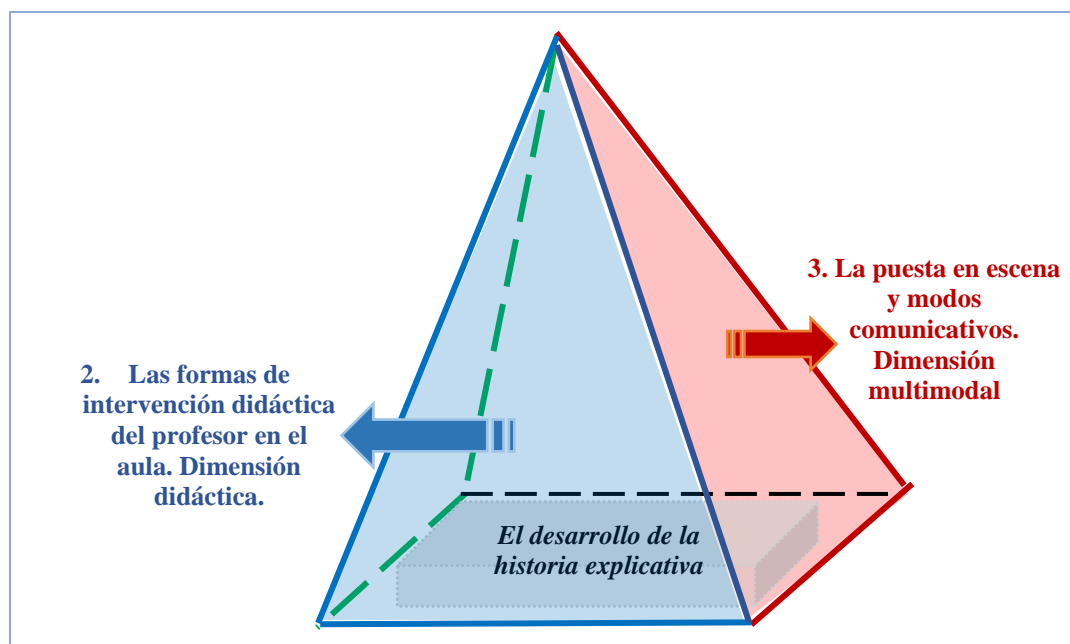


Figura 7.1. Análisis desde la mirada didáctica multimodal.
Fuente Elaboración propia

Las líneas de campo eléctrico es una historia construida en función de la explicación de los tres profesores, colocando sus explicaciones de forma secuencial y manteniendo el orden en el tiempo. Los análisis mostrados en este capítulo están soportados en un primer análisis con el contenido del saber enseñado de cada profesor, respecto a segmentos de explicación que contengan el concepto de “líneas de campo eléctrico” ordenados en el capítulo según el propósito de la explicación, tal que formen la construcción de una gran historia, y sintetizando este análisis en tablas descriptivas multimodales. A partir de este primer análisis, se aplican formalmente las categorías de análisis de la tabla 7.1 a cada profesor con el fin de conseguir los siguientes objetivos:

A. Desde la didáctica social y comunicativa del profesor. Caracterizar los elementos didácticos utilizados por el profesor en la explicación, para desarrollar su historia explicativa, a partir de:

1. Identificar y caracterizar las formas de intervención del profesor desde: a) la retórica en el aula, destaca, b) ordena y refuerza significados, c) elabora entidades, y d) promueve aptitudes y habilidades propias de la ingeniería. (Objetivo A-2 del capítulo 1)
2. Identificar similitudes y diferencias entre las explicaciones de los tres profesores, según las características didácticas anteriores, en el desarrollo de una historia explicativa. (Objetivo A-3 del capítulo 1)

B. Desde la visión multimodal. Caracterizar los elementos multimodales utilizados por el profesor en la explicación, para desarrollar su historia a lo largo del tiempo y/o del contenido específico, a partir de:

3. Resumir de manera gráfica la puesta en escena, (Objetivo C1 del capítulo 1)
4. Identificar los modos comunicativos utilizados por el profesor de física que caracterizan su actuación. (Objetivo C2 del capítulo 1)

C. Desde la representación de la trayectoria explicativa de la historia. Caracterizar la actuación del profesor, de forma esquemática o gráfica que muestre el desarrollo a lo largo del tiempo y/o del contenido específico, a partir de:

5. Identificar como el profesor interviene para mantener el desarrollo de la narrativa generando y resolviendo las tensiones comunicativas, cognitivas y emocionales que van construyendo el desarrollo de la historia, tomando en cuenta su hacer didáctico y multimodal. (Objetivo D2 del capítulo 1).
6. Realizar la gráfica de la trayectoria narrativa del profesor versus tensiones cognitivas, que describen la evolución de la historia explicativa en el tiempo, destacando elementos característicos en la interacción del profesor.
7. Identificar similitudes y diferencias entre las gráficas de tensiones entre los profesores, según los propósitos de enseñanza (Objetivo C4 del capítulo)

Tabla 7.1a. Dimensión 1: Categorías Didáctico comunicativas

Formas de intervención didáctica del profesor				
Cómo interviene el profesor para desarrollar la historia explicativa				
Retórica de la enseñanza en el aula Cómo integra a la audiencia, intelectualmente y emocionalmente, al estudiantado. Hace la audiencia receptiva y preparada al discurso que vendrá	¿Hacia dónde vamos?	Vamos juntos. Estrategias como la pausa, el verbo (nosotros, fíjate...) que involucran al estudiante dentro de la explicación, el profesor se identifica con el estudiante, como unidad construyendo significados. Muy usada en la apertura.		
		Utilidad e Importancia		
	Guía al estudiante en el contexto de que trata, o cómo va la clase.	Recuerdo y Anticipación del contenido	Presenta la estrategia que seguirá la explicación: ¿qué haremos a continuación	
			Recuerdos de aspectos de clases anteriores	
			A través de una pregunta crítica que justifica el desarrollo del nuevo contenido	
			A través de títulos, subtítulos y esquematizaciones	
	¿Qué esperamos?	Crea controversia/ Diferencias	¿Qué sucede si ...? Se provoca una confrontación de puntos de vistas	
			Querría saber si tengo razón. El profesor plantea si es o no correcto una propuesta	
			Imagínate esto.	
			¿Qué piensas ahora?	
¿Nada para explicar? Es hacer que alguna cosa que parece obvia se convierta en alguna cosa que necesita explicación				
Destaca ordena y refuerza significados. Mantener el hilo de la historia. Cómo construye el orden o guion de la clase, en conjunto con la atención e interacción de la audiencia. Se generan tensiones.	¿Cómo organiza la clase?	Seleccionando ideas		
		Resalta ideas claves (repite las ideas o conceptos, destaca en la forma de pronunciar.		
	¿Cómo verifica la comprensión de la audiencia?	Solapa ideas interrelaciona ideas/conceptos, (genera tensiones)		
		Sondea significados específicos en los estudiantes. realiza preguntas críticas, lo explica de otra forma y vuelve a preguntar. (genera tensiones)		
		Retorna sobre las ideas. repasa lo dado por: recapitulación, resumen, repetición.		
Elabora Entidades. Cómo construye o refuerza las entidades, que intervienen en la historia explicativa	¿Qué entidades elabora y cómo las define?	Lo nuevo a partir de lo viejo.		
		Lo nuevo con lo que va a venir		
		Se construye gradualmente. Definición, descripción, clasificación		
	¿Cómo crea la imagen?	Describe las partes que consta una entidad.		
		Materializa la entidad a través del dibujo, la representación, la narrativa		
Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión. Cómo interviene para integrar a la audiencia a su nueva comunidad intelectual (alfabetización profesional). Se generan tensiones.	En la expresión matemática	Desarrolla valores propios de nomenclatura en la escritura, y en la expresión matemática vectorial		
		Desarrolla capacidades matemáticas para la resolución de problemas. Se generan tensiones		
	En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación	Desarrolla la visión espacial. describe características espaciales, o la interacción entre entidades, vistas de perfil, la rotación de una vista. Se generan tensiones.		
		Desarrolla valores propios de nomenclatura en la expresión gráfico, matemática y vectorial		
		Desarrolla esquemas coherentes de análisis: Dibujo del sistema-variables-leyes-resolución.		
*Generar tensiones: es crear conflicto cognitivo, planteando situaciones reales o imaginarias que requieran análisis y juicio del estudiante.				

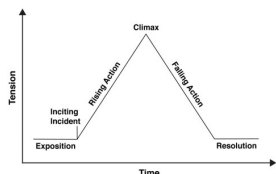
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.1b. Dimensión 3: Categorías multimodales

La construcción multimodal de la explicación					
Cómo el profesor hace uso de los modos comunicativos para desarrollar la historia.					
Modos Comunicativos (herramienta visual: <i>Tablero modal</i>) ¿Qué modos comunicativos se presentan en cada episodio de la historia explicativa?	La puesta en escena ¿Cómo se presenta la historia, reduciendo lo verbal?		Formado por las imágenes en secuencia de lo que hace el profesor durante la explicación. Caracteriza de manera resumida la mayoría de los modos y recoge información del trabajo en la pizarra.		
	La disposición corporal	La mirada y el contacto visual			
		Postura y el desplazamiento			
		El uso que hace el profesor del espacio			
	Modo verbal.	La pausa (P)			
		Pregunta Crítica.	Pregunta retórica Pr.		
			Interactiva	Pregunta <i>Feedback</i> (PF)	
				Pregunta Guía (PG)	
	Modo Gestual.	Gesto Conceptual	Gesto apunador (GA). señala algo en la pizarra por lo general		
			Gesto beat (GB). Ej. Dedos pulgar e índice juntos, mueve la mano arriba y abajo como si tuviese la batuta de un director de orquesta.		
			Gesto conceptual (GC). representa algo en el aire. Gesto conceptual, estático con un significado. Ej. Los dedos para indicar un número: uno, dos		
			Gesto facial (GF). Ej. Gesto marcado al hablar, enfatizando con los labios, incluye cambio del tono		
		Gesto Narrativa	Gesto narrativo (GN), movimiento del dedo, mano, cuerpo que describe lo narrado		
			Gesto que acompaña la onomatopeya (GNo), es GN incluye a la expresión verbal onomatopéyica		
	Modo escritura	Escritura	Describe (E) - Títulos, etiquetas, encabezados (ET)		
			Simbología, (ES) - Nomenclatura (EN)		
		Matemático	Desarrolla expresión o ecuación matemática (EM)		
		Enlaces	(D→EM) , (R→EM) Enlaces entre el dibujo o la representación, con el desarrollo matemático		
			(R→D) (D1→D2) Enlaces entre el dibujo o la representación, con la variable en el dibujo		
	(D→E) Enlaces entre dibujo y descripción escrita.				
	Modo Dibujo	Un dibujo	Dibujo simple (D)		
			Dibujo como base de la explicación (DD). La explicación se desarrolla a la par con el dibujo.		
		Dibujos en secuencia (DS)	Para pasar de la vista 3d a 2d (Ej. vista de perfil)		
			Expresan cambios en una variable (Ej. inclinación del plano)		
	Modo de Representación con Objeto real o imaginario (más allá de la pizarra)	Recreación del imaginario (RI) con la narrativa	RI – solo narrativa (verbal)		
RIG - gestualidad y desplazamiento					
RIGD - sobre el dibujo en la pizarra.					
Representación utilizando objetos físicos (RO)		ROG - gestualidad y desplazamiento			
		ROD - sobre el dibujo de la pizarra			
		ROIG - Con objetos físico e imaginario, gestualidad y desplazamiento			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.1c Dimensión T. La representación de la trayectoria explicativa en la historia.

Formas de intervención del profesor y multimodalidad creadoras de tensión comunicativa.		
Gráfica de tensiones en la trayectoria narrativa	Trayectoria narrativa de la historia vs tensión comunicativa.	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, desde el punto de vista de algunos interrogantes situados en el contexto académico de estudio se intentará responder cómo uno de los resultados para la práctica docente en su contexto específico: ¿Es pertinente el uso de las líneas de campo en la construcción de la unidad temática del campo eléctrico?

Para el análisis desde la visión socio-didáctica-comunicativa, el primer y segundo objetivo, se aplicarán las categorías de la dimensión 1, de las formas de intervención del profesor que se presentan en la tabla 7.1a. Para el tercer objetivo, se usan las categorías de la dimensión 3 que corresponden a la visión de la multimodalidad sobre cómo es la puesta en escena, y las categorías de modos comunicativos de la historia científica, tabla 7.1b. Para el cuarto y quinto objetivo se aplicará la categoría de la trayectoria narrativa de creación y control de tensiones, que se presenta en la tabla 7.1c, para lo cual se usa un gráfico cualitativo, adaptado de la teoría de arco dramático mostrado en el artículo “*Making Science Meaningful for Broad Audiences through Stories*” de Sara J ElShafie (2018, p1216), ya explicado en el capítulo 4 de categorización.

7.1.3 La presentación de la historia: “las líneas de campo eléctrico”

El orden del capítulo, la historia a los fines de los objetivos didácticos, se presenta siguiendo la estructura del programa curricular y cada apartado se caracteriza o según la representación multimodal que destaque. El primer segmento es de la profesora Laura quien introduce el concepto y se subclasifica en ocho apartados donde describe las propiedades, luego se presenta Pere con un ejemplo de líneas de campo con el concepto de flujo clasificada en cinco secciones donde elabora el concepto de superficie gaussiana, y finalmente Montse con la resolución de

problemas aplicando la ley de Gauss, clasificada en ocho partes. La historia está construida con la unión de tres segmentos de explicación, una de cada profesor, de la siguiente forma:

1. Laura con la apertura, definición y propiedades de las líneas de campo eléctrico. En esta historia se presenta la explicación soportada en la representación de un sistema multimodal, creados para la construcción de significado. Se observa la escritura en la pizarra, el dibujo en la pizarra, la representación con objetos y combinaciones de varios modos comunicativos (apartado 7.2).
2. Pere con un ejemplo de flujo eléctrico, usando las líneas de campo y elaborando el concepto de la Superficie Gaussiana. Se observa el uso del dibujo y la interacción a partir del dibujo para crear la dinámica con los estudiantes (apartado 7.3).
3. Montse con la resolución de problemas aplicando la ley de Gauss: determinar el campo eléctrico generado por un plano infinito. Es un segmento de mayor dinámica para el profesor donde corresponde construir el sistema (En la enseñanza de la física, se llama **sistema** al conjunto de elementos relacionados entre sí, que intervienen para realizar un estudio) y las partes hasta llegar a la resolución del problema. (apartado 7.4).
4. Al finalizar la explicación de cada profesor se presentará las características según las categorías, de la siguiente manera:
 - a. Aspectos didácticos durante la construcción de la historia desde las formas de intervención del profesor: aspectos retóricos, las ideas o conceptos en la historia, elaboración de entidades, promoviendo aptitudes de la profesión, (tabla de categorías 7.1a).
 - b. Aspectos multimodales durante la construcción de la historia, contiene la puesta en escena a lo largo de la historia del profesor. Corresponde a la tabla 7.1b, ¿cómo presenta la explicación desde la multimodalidad? Y contiene la tabla con los modos comunicativos a lo largo de la explicación del profesor.
 - c. La representación de la trayectoria explicativa en la historia, que interpreta los momentos generadores de tensión comunicativa a partir de los análisis desde las formas de intervención del profesor y la multimodalidad (tabla 7.1c). Contiene la gráfica de tensiones en la trayectoria narrativa en el tiempo, y la justificación de cómo se generan y se resuelven estas tensiones, cierra con la síntesis comparada de la tabla de modos comunicativos y la trayectoria narrativa.

5. Finalmente, en el apartado 7.5, se presentan los resultados comparados de los tres profesores en las áreas estudiadas, y se discute sobre la pertinencia del tema de las líneas de campo en el programa de física electromagnética.

7.2 Laura: La elaboración de la entidad líneas de campo eléctrico.

En el presente apartado se muestran las partes de la historia que construye Laura, con una duración de veinticinco minutos aproximadamente, y en cuyo desarrollo, dieciséis minutos los usa para presentar, definir y caracterizar las líneas de campo, integrándola dentro del conocimiento del vector campo eléctrico a través de cinco propiedades, y en el resto del tiempo termina presentando una ilustración de las líneas de campo eléctrico. A continuación, se presentarán los episodios que resaltan la construcción de la historia y el uso de recursos comunicativos para crear sentido a las entidades o premisas que intervienen en la historia.

El análisis se inicia en el segmento cuando Laura introduce el concepto de líneas de campo, describiendo sus propiedades. La profesora utiliza para su explicación las dos pizarras, en una escribe de forma enumerada y detallada las propiedades de la carga, y en la otra pizarra realiza el dibujo de un sistema que vendrá a convertirse en su *escenario* en algún momento de la explicación. Laura trabaja utilizando la representación con objetos para verificar la comprensión del estudiante sobre el sistema presentado.

A continuación, se muestra la historia creada por Laura: Las líneas de campo eléctrico, separada en apartados, que describen los recursos utilizados para dar presencia a las premisas a medida que la explicación se desarrolla y, clasificadas según el modo comunicativo resaltante en:

- Apertura del concepto. La escritura en la pizarra y la gestualidad.
- La anticipación del escenario a dibujar. Objetos y gestualidad.
- Representación con objetos en la pizarra. La explicación soportada en el dibujo.
- Reconstruye el escenario dibujado.
- Representación del vector campo a partir de las líneas de campo
- Las líneas de campo son líneas abiertas
- La anticipación de premisas a construir en otra unidad: campo magnético.
- Las líneas de campo no se cruzan

7.2.1 Las propiedades de las líneas de campo eléctrico

Laura, inicia su clase sentada en la esquina del escritorio, su explicación se presenta en cinco episodios, descritos completamente en la tabla 7.2 organizada en cinco filas. En la primera fila, episodio B01_L, Laura da inicio a la clase del día, sentada en el escritorio hace el enlace con el tema dado en la clase anterior que fue: la aplicación de la ley de Coulomb para determinar el campo eléctrico en cargas eléctricas puntuales y en una barra con distribución uniforme de carga. Se observa su gestualidad con la mirada y el giro en la cabeza mientras habla, verificando la atención del alumnado.

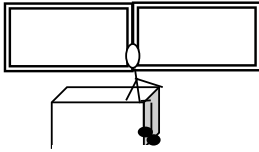
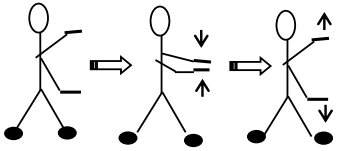
En la segunda fila de la tabla 7.2, episodio B02_L, Laura presenta el nuevo concepto “líneas de campo”, y le da *presencia* (lo destaca y refuerza) al escribirlo en la parte superior de la pizarra. Las define y justifica como un recurso útil para obtener información del campo eléctrico cuando dice “la forma en que están distribuidas esas líneas en la región del espacio nos van a permitir a nosotros describir cómo varía el campo eléctrico en cada punto del espacio”. Laura aquí, establece la relación entre el concepto líneas de campo eléctrico y vector campo eléctrico.

En la tercera fila, en el episodio B03_L, inicia a copiar las propiedades en la pizarra repitiendo y resaltando su objetivo “vamos a ir relacionando las propiedades de las líneas de campo eléctrico con las características del vector campo eléctrico. Primero...”.

Entre los episodios B03 al B05 enumera, describe y escribe en la pizarra, las tres primeras propiedades de manera muy detallada, siguiendo como orden las características de un vector: la dirección, el sentido y el módulo del vector campo eléctrico. En la cuarta fila de la tabla 7.2, Laura en la segunda propiedad le da propiedades a la línea de fuerza, “toda línea de fuerza tiene dos extremos, una punta y una cola”, ayudando a la imaginación de los estudiantes en su descripción, aún no ha presentado una imagen explícita de la línea de campo.

En el quinto episodio B05_L, Laura hace uso de la representación gestual para dar significado a las líneas de fuerza o líneas de campo, se observa cómo Laura las usa indistintamente, y la intensidad del campo, dando características visuales, sin presentarla aun o ilustrarla, cuando acompaña con las palmas enfrentadas acercándolas o alejándolas el fragmento “donde vemos líneas muy pegaditas, entonces el campo es más intenso ... o más débil si están más distanciadas”.

Tabla 7.2. Episodios B01_L B05_L: Propiedades de las líneas de campo eléctrico.

Presentación de las líneas de Campo. Definición y propiedades.	
Episodios B01_L al B05_L.	
Descripción de la explicación.	Recurso: Escrito enumerado + gestos
<p>[B01_L] (2:25:30) (..) aprendimos a evaluar el campo eléctrico creado por una carga puntual, por un sistema de cargas puntuales y por una distribución continua de cargas</p> <p>y dijimos que una distribución continua de cargas era nada más y nada menos que la carga se encontraba igualmente distribuida a lo largo de la longitud de una barra o sobre una superficie o en el volumen interior de un objeto. (<i>dirige la mirada hacia todo el estudiantado, girando la cabeza mientras habla</i>)</p>	<p>Repasa lo visto en la clase anterior.</p> 
<p>[B02_L] Vamos hoy a definir algo que se llama líneas de fuerza llamadas hoy de forma más didáctica como líneas de campo eléctrico. (..) Las líneas de campo eléctrico o líneas de fuerza son líneas imaginarias que nos permiten a nosotros describir cómo varía en el espacio el campo eléctrico “e”, ¿okey?</p> <p>la forma en que están distribuidas esas líneas en la región del espacio nos va a permitir a nosotros describir cómo varía el campo eléctrico en cada punto del espacio.</p>	<p>2:27:06 Pizarra acrílica:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Líneas de Fuerza Líneas de campo eléctrico</p> </div> <p>Repite, y mientras habla marca las palabras con la mano; es decir, mueve arriba abajo la mano derecha marcando el ritmo de las palabras con los dedos</p>
<p>[B03_L] La relación que existe entre las líneas de campo eléctrico y el campo eléctrico son las siguientes, Primero, acuérdense que el campo eléctrico es un vector y vamos a ir relacionando las propiedades de las líneas de campo eléctrico con las características del vector campo eléctrico.</p>	
<p>[B04_L] (2:28:00) La primera propiedad (<i>gira hacia el alumnado</i>) de la línea de fuerza es... que la tangente en cada uno de los puntos de una línea de campo eléctrico ...(escribe) vamos a colocarlo así, línea de campo eléctrico, nos da la dirección del “e” campo eléctrico</p>	
<p>(..)Segunda propiedad, todo vector tiene un sentido. El sentido de la línea de fuerza, (<i>gira hacia el alumnado y explica</i>) es decir,</p> <p>toda línea de fuerza tiene como dos extremos una punta y una cola (...)</p> <p>ya vamos a explicar esto con un ejemplo, el sentido del vector “e” ... en algunos textos... (<i>gira hacia el alumnado y se coloca al frente cerca de los estudiantes</i>) se dice la circulación, “la circulación de la línea de fuerza” ¿okey? nos va a dar entonces el sentido del vector campo eléctrico.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Líneas de Fuerza Líneas de campo eléctrico</p> <p>1º tg en c/u línea de E da la dirección del E 2º sentido de la línea de E determina el sentido del vector</p> </div> <p><i>Explica verbalmente y escribe lo que dice. Cada dos palabras gira hacia el alumnado y luego sigue copiando. Utiliza la Pizarra, los gestos, y el control visual muy marcado.</i></p>
<p>[B05_L] (2:29:30) Todo vector tiene modulo. ¿Cómo relacionamos las líneas de fuerza con el módulo del campo eléctrico?</p> <p>Las líneas de fuerza se dibujan de tal forma que donde vemos líneas (..) donde las líneas de fuerza están muy pegaditas, decimos que el campo eléctrico es intenso. (..)</p> <p>y donde las líneas de campo eléctrico son muy separadas, muy distanciadas, decimos que el campo eléctrico es cero (..)</p>	 <p>Gestos: “pegaditas/separadas” pegaditas (une las manos con los dedos tocándose las puntas).</p>

Fuente: Elaboración propia

Se observa el uso que Laura hace de la pizarra aprovechando las funciones que la distinguen como medio, a través de la escritura, para dar presencia a la tesis que va a construir y al orden en que debe presentarse un texto escrito, significado que los estudiantes llevan al cuaderno. Esto se observa cuando, inicia colocando en la parte superior el título, y desglosa en filas y de manera enumerada las características que definen a la tesis. Laura, escribe y enumera las propiedades de las líneas de campo, siguiendo los componentes de una estructura vectorial, dando información sobre dirección, sentido y módulo de un vector, en este caso del campo eléctrico.

7.2.2 Creando el escenario para la representación del imaginario.

La tabla 7.3, presenta dos episodios distribuidos en cinco filas. La primera fila muestra el episodio B06_L, con la continuación de las propiedades, enunciando y escribiendo la tercera propiedad de la línea de campo “el módulo del campo es proporcional a la densidad de líneas o número de líneas por unidad de área transversal” y de forma enfática agrega “¿qué quiere decir esto?”. Laura hace uso del contacto visual y la pregunta retórica, algo que es característico en ella.



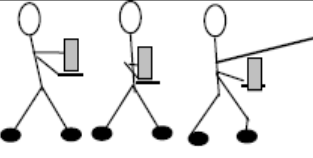
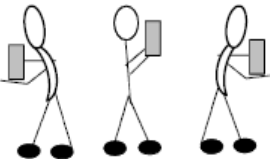
En el episodio B07_L, segunda fila de la tabla 7.3, Laura inicia la explicación de lo que significa “unidad de área” utilizada en la tercera propiedad “vamos a tomar una unidad de área... podría ser esta cartuchera, ¿bien?” y presenta a su objeto con ambas manos arriba y al frente diciendo su nombre: *La cartuchera*, y la mantiene así para revestir al objeto de *presencia*, mientras hace el contacto visual y verifica su audiencia con la pregunta retórica.

Luego comenta “voy a ubicar esta cartuchera de tal forma que las líneas de campo sean perpendiculares ¿a quién? A la superficie” e introduce la condición de perpendicularidad de las líneas de campo a esa unidad de área. Continúa el episodio B07_L, en la tercera fila, y Laura hace uso de la repetición, en la presentación del objeto, agregando con un tono más alto “¿este va a ser quién? mi unidad de área”.

En la cuarta y quinta fila, se observa a Laura presentar su “unidad de área, la cartuchera” a la derecha luego a la izquierda introduciéndolo como elemento de su explicación, una nueva historia donde empieza a construir un escenario, inicialmente apoyado en el imaginario “y voy a desplazar mi unidad de área por todo el espacio” asegurando que los estudiantes se centren en el

objeto “para ver cómo va variando ¿qué cosa? E” indicando con el brazo apuntando en forma vectorial, simulando al campo E; y haciendo énfasis con la postura agrega “siempre perpendicular ¿a quién? a la línea de campo. ¿Okey?”.

Tabla 7.3. Análisis de los episodios B06_L B07_L. La unidad de área transversal

Representación con Objetos. Episodios B06_L y B07_L. “Una “cartuchera” representa la unidad de área <i>atravesada</i> por líneas de campo”	
Descripción de explicación.	Recurso
[B06_L] Lógicamente es una forma, muy cualitativa de definir como varia el módulo en función de las líneas de fuerza, el módulo ¿de quién? del E (<i>se dirige a la pizarra</i>) el módulo del campo eléctrico es proporcional a (..) la densidad de líneas de fuerza (<i>escribe</i>), Definiéndose la densidad como el número de líneas. de campo, (<i>escribe</i>), por unidad de área transversal...	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Líneas de Fuerza Líneas de campo eléctrico</p> <p>1º tg en c/u línea de E da la dirección del E</p> <p>2º sentido de la línea de E determina el sentido del vector</p> <p>3º $E \propto$ densidad de líneas de campo eléctrico</p> <p>Densidad = $\frac{\text{Nº líneas de campo E}}{\text{de líneas unidad de área transversal}}$</p> </div> <p>La Pizarra: Explica verbalmente y escribe lo que dice.</p>
[B07_L] (<i>gira hacia el alumnado y enfatiza</i>) “¿Qué quiere decir esto?”	 <p>Contacto visual + La pregunta retórica para verificar la atención del estudiante.</p> <p>Muestra el objeto: Toma la cartuchera con ambas manos y la coloca al frente.</p> <p>Verifica el significado de “unidad de área transversal”</p> <p>“voy ubicar esta cartuchera” (unidad de área)</p> <p>“siempre perpendicular” (transversal) “a las líneas de campo eléctrico”</p>
..Vamos a tomar una unidad de área, podría ser por ejemplo esta cartuchera bien?	
y yo voy a movilizar, voy <u>ubicar esta cartuchera</u> en la región del espacio...Pero <u>siempre</u> la voy a... posicionar de tal manera que las <u>líneas de campo eléctrico</u> sean <u>¿perpendiculares a quién? a la superficie...</u> Por eso se dice por unidad de área transversal.	 <p>Contacto visual + La pregunta retórica para verificar la atención del estudiante.</p> <p>Repetición.</p>
Tomamos una unidad de área (<i>Muestra al frente</i>), ¿Esta va a <u>ser quién?</u> mi unidad de área	
y voy a desplazar mi unidad de área en todo el espacio para ver cómo va variando <u>que cosa?</u> “E”,	<p><u>La representación con el objeto + El brazo como la línea de Campo:</u> <i>estira el brazo representando la línea de campo y desplaza la cartuchera. (acompaña lo verbal)</i></p> <p>Usa la pregunta retórica para verificar/recordar el objetivo, que es describir el campo eléctrico</p> 
y voy a disponer esa unidad de área <u>siempre perpendicular ¿a quién?</u> a la línea de campo, <u>¿okey?</u>	<p><u>La postura</u> al inclinar el cuerpo para enfatizar: inclina el cuerpo y lo gira hacia la izquierda, luego a la derecha.</p> <p>La repetición, El representar el sistema con la cartuchera (unidad de área) y el brazo como la línea de campo.</p> 

Fuente: Elaboración propia

En las dos últimas filas de la tabla 7.3 se han esquematizado los gestos junto con el objeto, observados en el discurso de Laura. Laura recrea un escenario imaginario de líneas de campo (que aun no ha presentado como son, solo ha escrito sus características) donde presenta la unidad de área con la cartuchera, Todo ello gestualizado con la cartuchera y los brazos como vectores que la atraviesan. Usa la pregunta retórica para verificar o recordar el objetivo, que es describir el campo eléctrico. La postura al inclinar el cuerpo para enfatizar: inclina el cuerpo y lo gira hacia la izquierda, luego a la derecha. La repetición, verbal y gestual: donde se representar el sistema formado por la cartuchera como unidad de área, y el brazo estirado señalando con el índice, a la línea de campo y su sentido. Usa su cuerpo inclinado y girando para abarcar la visión hacia la audiencia.

7.2.3 Representación con objeto sobre escenario dibujado en la pizarra.



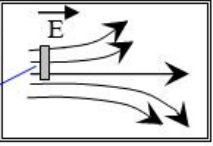

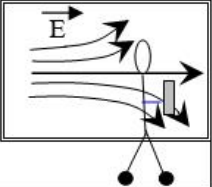
En este apartado se continúa analizando la representación con la cartuchera, esta vez apoyado en un escenario dibujado en la pizarra. El análisis se presenta en dos tablas que abarcan los episodios del B08_L, al B11_L.

En la tabla 7.4, distribuido en cuatro filas, se muestra el episodio B08_L, la profesora Laura comienza a dibujar sobre la pizarra un sistema usando líneas no uniformes y las presenta “Sean estas las líneas de fuerza que representan al campo E en cualquier región del espacio” ahora las ha hecho explícitamente *visibles* por primera vez en el desarrollo de la historia, y le servirán para desarrollar las propiedades de estas líneas de campo.

Laura se dirige a la pizarra y dibuja las líneas sin hablar, y luego: “Supongamos que tenemos la siguiente distribución o sistema... okey?” gira mirando a los estudiantes. “Entonces, tomamos mi unidad de área y determino el número de líneas de fuerza que atraviesan mi unidad de área...aquí... ¿Cuántas son? ...tres...” (los estudiantes no responden), “y en esta región... ¿Cuántas son?” (no responden).

En este episodio se inicia la representación del sistema usando la cartuchera y apoyada sobre un escenario dibujado en la pizarra. En este segmento la cartuchera simula ser la unidad de área que será “atravesada por las líneas de campo”

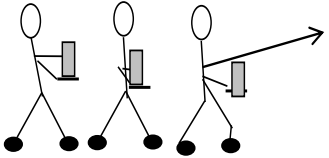
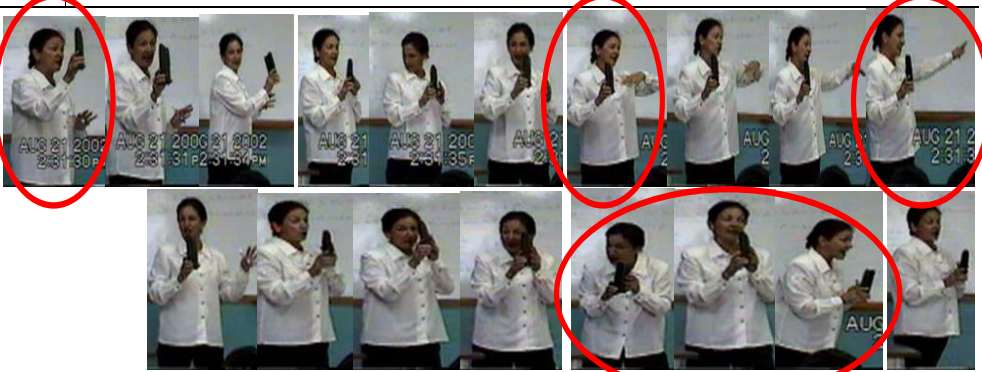
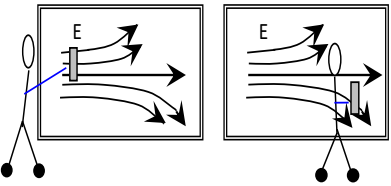

Tabla 7.4. Análisis del segmento B08_L. Uso de Objeto sobre Escenario en la Pizarra.

Representación utilizando un Objeto sobre el escenario dibujado en la Pizarra. Episodio B08_L.	
Descripción de la explicación.	Recurso
[B08_L] Sean estas las líneas de fuerza, ¿okey? Sean estas las líneas de fuerza que representan al campo E en cualquier región del espacio.	La Pizarra: dibuja un sistema formado por líneas de un campo no uniforme. Apuntador: señala las líneas dibujadas
Entonces, tomamos mi unidad de área y <u>determino el número de líneas de fuerza que atraviesan mi unidad de área</u>	 Representación: coloca la cartuchera sobre las líneas de campo dibujadas en la pizarra.
Aquí ¿Cuántas son? ...tres...,	 Con la cartuchera sobre la parte izquierda del dibujo de la pizarra, y recorre el índice de la otra mano arriba/abajo la figura 
y ¿en esta región? (pausa).	 (coloca la cartuchera en la zona inferior del dibujo) 

Fuente: Elaboración propia

Recapitulando, en la tabla 7.5, se muestra los episodios comprendidos entre el B07_L y B08_L con las imágenes en secuencia, de la explicación. Laura inicia la recreación de un escenario utilizando la representación con objetos físicos. En la segunda fila de la tabla 7.5, se observan las imágenes y resaltadas con redondeles; en la que Laura comienza presentando un elemento en la construcción de su historia, un estuche de lápices o cartuchera, como una *unidad de área*, y usa la direccionalidad de su brazo al extender para imitar una línea de campo que la atraviesa. Laura recrea el escenario imaginario usando la cartuchera, su brazo con el índice como el sentido de la línea de campo, dándole *presencia* con su expresión corporal: su voz, su mirada, y la inclinación de su cuerpo, y el giro hacia la izquierda, al centro, hacia la derecha con el objeto, para enfatizar su explicación y asegurar que todos en el aula observe el sistema que describe.

Tabla 7.5. Líneas de campo eléctrico: definición y propiedades. Laura.

<p>Representación con objetos.</p> <p>“la cartuchera” (o guarda lápices)</p> <p>Es una unidad de área</p>	<p>[B07_L] (2:31) <u>(gira hacia el alumnado)</u> ¿Qué quiere decir esto? Vamos a tomar una unidad de área, podría ser por ejemplo esta <u>cartuchera</u>. <u>(muestra la cartuchera)</u> bien? y yo voy a movilizar, voy ubicar esta <u>cartuchera</u> en la región del espacio. Pero siempre la voy a.. a posicionar de tal manera que <u>las líneas de campo eléctrico sean perpendiculares</u> ¿a quien? a la <u>superficie</u>.. Por eso se dice <u>por unidad de área transversal</u>. <u>(muestra)</u> tomamos una unidad de área, <u>(tomando la cartuchera con ambas manos y colocándola al frente)</u> Esta ¿va a ser quien? mi unidad de área y voy a desplazar <u>(estira el brazo para desplazar la cartuchera)</u> mi unidad de área en todo el espacio para ver como va variando ¿qué cosa? “e”, y voy a disponer <u>(inclina el cuerpo y lo gira hacia la izquierda, luego a la derecha)</u> esa unidad de área siempre <u>perpendicular</u> a quien? a la línea de campo, ¿okey?</p> 
<p>Dibuja líneas de un Campo No Uniforme</p> <p>Representación utilizando un objeto sobre el escenario dibujado en la pizarra.</p>	<p>[B08_L] (2:32) vamos a ver entonces un ejemplo acá. <u>(va a la pizarra)</u> Supongamos que tenemos la siguiente distribución o sistema. <u>(dibuja unas líneas de un campo no uniforme sin hablar)</u> ¿okey? <u>(gira y mira al alumnado)</u>..Sean estas las líneas de fuerza, <u>(señala las líneas dibujadas en la pizarra)</u> okey? Sean estas las líneas de fuerza que representan al <u>campo E en cualquier región del espacio</u>. Entonces, tomamos mi unidad de área <u>(muestra la cartuchera)</u> y <u>determino el número de líneas de fuerza que atraviesan mi unidad de área</u>, aquí <u>(coloca la cartuchera sobre la parte izquierda del dibujo de la pizarra, y recorre con el índice arriba/abajo la figura)</u> ¿cuántas son?...tres..., y en esta región? <u>(coloca la cartuchera en la zona inferior del dibujo)</u>.</p> <p><u>Pausa</u> (busca feedback y no hay).</p> 
<p>Dibuja líneas de un Campo No Uniforme</p> <p>Representación utilizando un objeto sobre el escenario dibujado en la pizarra.</p>	<p>2:32:00</p> <p>Lado central de la pizarra:</p>  <p>1.(coloca la cartuchera sobre la parte izquierda del dibujo de la pizarra, y recorre con el índice arriba/abajo la figura). 2.(coloca la cartuchera en la zona inferior del dibujo).</p> 

Fuente: Elaboración propia

En la tercera y cuarta fila de la tabla 7.5, en el episodio B08_L, Laura retoma el escenario en la pizarra con líneas curvas que terminan en flechas, que le sirven para presentar a su entidad protagonista las líneas de campo eléctrico. Ella trabaja la noción de sistema colocando la cartuchera sobre las líneas de campo dibujadas en la pizarra para dar presencia a la unidad de área y el número de líneas (de la pizarra) que “la atraviesan”, y atrae la atención de los estudiantes acerca de la intensidad del campo eléctrico en dos zonas diferentes del sistema dibujado.

En la parte inferior de la tabla 7.5, se muestran las imágenes de Laura trabajando sobre la pizarra, describiendo el dibujo en la pizarra, el sentido de las líneas con la gestualidad de su brazo izquierdo que recorre las líneas de izquierda a derecha, luego muestra el objeto “unidad de área”, para colocarlo sobre las líneas dibujadas y apuntando con su índice como línea, con el rotulador, para señalar que la línea atraviesa por su unidad de área. Ella usa como estrategia la pregunta retórica, para censar al estudiantado, pregunta la primera vez, no responden y se auto responde, y luego vuelve a preguntar esperando respuesta y no la escucha.

7.2.4 Reconstruyendo el escenario dibujado en la pizarra.

En este apartado Laura, desarrolla la historia dirigida por la búsqueda de la comprensión de sus estudiantes y la adhesión a su historia, la cual no recibió, al no escuchar respuestas a las preguntas, aparentemente retóricas, realizadas al final del episodio anterior B08_L.

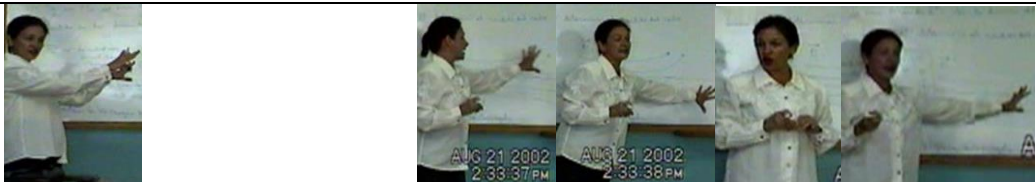

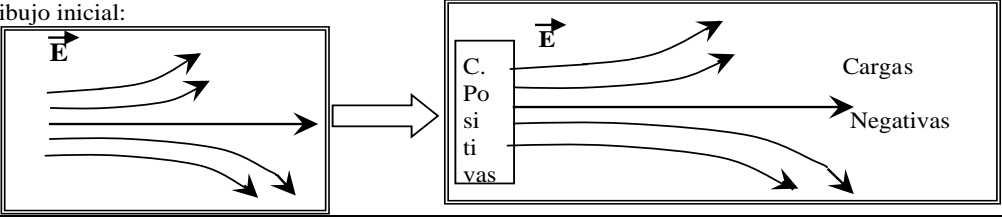
En el episodio B09_L, primera fila de la tabla 7.6, Laura inicia “la línea de campo eléctrico sale de la fuente, se considera la carga positiva como la fuente, ¿okey? - y se dirige a escribir la cuarta propiedad en la pizarra.

“¿y llegan a la carga qué? negativa por eso se dice que las cargas negativas se consideran, como cuando botamos un objeto a un tobo pishhhh ¿saben lo que digo?” -

Laura les da materialidad a las líneas de campo, *nacen* de carga positiva, y *llegan* a la carga negativa, y refiere a la carga negativa *como un tobo* donde llegan las líneas de campo. Ya en la segunda fila de la misma tabla continúa:

“por lo tanto consideramos a la carga positiva, como fuentes de líneas de campo eléctrico y a la carga negativa conocidas ¿cómo qué cosa? como sumideros, ¿okey”.

Tabla 7.6. Laura: Las líneas de campo salen de carga positiva y llegan a carga negativa.

Desarrollando el escenario con nuevos elementos Episodio B09_L y B10_L	
“La carga negativa es como cuando botamos un objeto a un tobo, un sumidero”	
Descripción de la explicación.	Recurso
<p>[B09_L] (2:33) Vamos a ver, (..) otra propiedad que vamos a colocar acá, (..), <u>la línea de campo eléctrico sale de la fuente</u>, se <u>considera la carga positiva como la fuente</u>, ¿okey?</p> <p>las líneas de fuerza (escribe) parten de las cargas positiva, salen de las cargas positivas, y llegan ¿a la carga qué? negativa (escribe)</p> <p>por eso se dice que las cargas negativas se consideran... <u>como cuando botamos un objeto a un tobo, pishhhh... ¿saben lo que digo?</u></p>	<div> <div>Líneas de Fuerza</div> <div>Líneas de campo eléctrico</div> <div> 1° tg en c/u línea de E da la dirección del E 2° sentido de la línea de E determina el sentido del vector 3° $E \propto$ densidad de líneas de campo eléctrico densidad = $\frac{\text{N}^\circ \text{ líneas de campo } E}{\text{unidad de área transversal}}$ 4° Líneas parten de las cargas positivas y llegan a las cargas negativas </div> </div>
<p>Sería entonces q las cargas negativas ¿reciben a quién? ¿A las líneas de qué? de fuerza, ¿mientras que las cargas positivas, que hacen? (<i>de perfil extiende los brazos</i>) Salen de aquí ¿qué cosa? las líneas de fuerza...</p> <p>por lo tanto, <u>consideramos a la carga positiva (señala sobre la figura) como fuentes de líneas de campo eléctrico (mueve la mano derecha mientras habla),</u></p> <p>y a la carga negativa (<i>señala sobre la figura</i>) conocidas ¿cómo qué cosa? como <u>sumideros</u>, ¿okey?</p> <p>Por supuesto q podemos considerar que en esta región del espacio (<i>señala sobre la pizarra</i>) tiene que haber ¿qué tipo de cargas? (<i>espera respuesta</i>)</p>	
	
<p>[B10_L] (2:34) (<i>contestan “¡cargas negativas!”</i>) ... cargas negativas (<i>lo escribe en la pizarra</i>) ... que son ¿qué cosa? <u>son los sumideros</u> de las líneas de E,</p> <p>mientras que en la región donde salen o emergen las líneas de campo eléctrico, podemos considerar que en esta región del espacio hay cargas de tipo?</p> <p>(<i>espera respuesta, “¡positivo!”</i>) <u>eso es!</u></p>	
<p>(<i>lo escribe en la pizarra</i>), por eso se dice que <u>las cargas positivas son fuentes de carga generadoras (gesticula con las manos) de líneas de campo eléctrico,</u></p> <p>mientras que <u>las cargas negativas, son qué?</u> (<i>extiende el brazo hacia la figura, siguiendo el sentido de las flechas</i>) sumideros.</p>	
<p>Dibujo inicial:</p> 	

Fuente: Elaboración propia

Laura repite ahora con su gestualidad, sobre las líneas dibujadas, señalando el inicio de las líneas como fuentes, y hacia abajo “como si cayeran las líneas a un tobo” hacia la flecha de la línea, las cargas negativas o sumideros. Y señalando hacia la región “negativa”, pregunta y espera la respuesta: “Por supuesto q podemos considerar que en esta región del espacio tiene que haber ¿qué tipo de cargas?”. Estudiantes: ¡Negativas!

Es una respuesta llevada por la profesora, pero al contestar se inicia la dinámica, los estudiantes comienzan a responder.

En la tercera fila de la tabla 7.6, inicia el episodio B10_L, Laura repite la respuesta de los estudiantes y la escribe “cargas negativas” en la región señalada antes en el dibujo.

Se observa que Laura sigue desarrollando el escenario o sistema dibujado en la pizarra, y verifica con su audiencia si ven dónde están las cargas eléctricas; cuando pregunta “mientras que en la región donde salen las líneas de campo eléctrico, ¿hay cargas de tipo?”, espera respuesta y los estudiantes responden: “positivo”. Y Laura confirma “¡eso es!”.


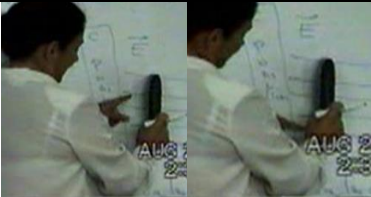
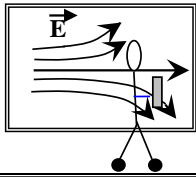
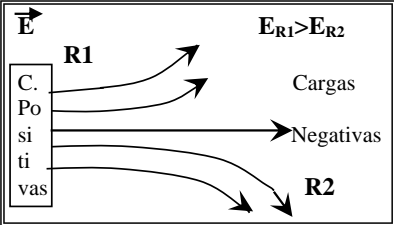

Confirmando que ven las cargas eléctricas, luego que obtiene la respuesta de los estudiantes, lo dibuja y escribe en la pizarra, colocando un bloque con la palabra “carga positiva” de donde parten las líneas.

Y repite con la gestualidad: recorriendo con la mano apoyada en el inicio de las líneas dibujadas y luego lo extiende hacia el final de las líneas. Al preguntar señala la región donde ya está escrito “negativa”, y espera la respuesta (...) “por eso se dice que las cargas positivas son fuentes de carga generadoras de líneas de campo eléctrico mientras que ¿las cargas negativas, son qué? Sumideros”.

Laura, retoma la pregunta con la unidad de área/ cartuchera en la que no obtuvo feedback. En la tabla 7.7, con los episodios B11_L y B12_L, distribuidos en cinco filas, Laura retoma la pregunta que quedo en el aire en el episodio B08_L, con una mano abierta apoyada sobre el dibujo en la pizarra, y con la otra la cartuchera, inicia:

“Entonces fíjense bien, si yo agarro mi unidad de área y la pongo perpendicularmente a las líneas de campo eléctrico, en esta región del espacio...

Tabla 7.7. Uso de Objeto sobre Escenario en la Pizarra. Análisis B11 al B12_L.

Representación con Objeto en un escenario dinámico dibujado en la Pizarra. Episodio B11_L y B12_L		
Verifica la comprensión de la unidad de área, y su relación con el módulo del campo eléctrico		
Descripción de la explicación.	Recurso	
[B11_L]Entonces fíjense bien, si yo agarro mi unidad de área y la pongo perpendicularmente a las líneas de campo eléctrico	 <p><i>Objeto + Escenario en la Pizarra + apuntador:</i> señala apoyando la mano abierta sobre la figura.</p>	
En esta región del espacio... me están atravesando, vamos a colocarla más abajo, ¿cuántas líneas? Estudiantes: - “cuatro”	 <p>Pregunta y <i>feedback</i> con los estudiantes. coloca la cartuchera sobre el dibujo y recorre la figura con el índice arriba/abajo</p>	
cuatro... me voy para acá, ¿y me están atravesando? Digamos que esta va por acá y esta va por acá...(prolonga las líneas del dibujo..) ¿y Cuántas están atravesando a esta unidad de área? (uno) Una. Por lo tanto, ¿qué podemos determinar?	(coloca la cartuchera en otro lugar del dibujo) 	
que en esta región que vamos a llamar región uno , y esta es la región que vamos a llamar dos , ¿cómo es el campo eléctrico en modulo? (Estudiantes: - “mayor”)	Pizarra + verificación con los estudiantes Hace el cierre de B08 (verifica la comprensión con las respuestas de los estudiantes)	
-mayor que el campo eléctrico. en la región qué? (Estudiantes: - “dos”) -en la región 2. ¿Y es una manera de describir cualitativamente a quién? a el campo eléctrico		
[B12_L] (2:35:10) (se coloca en el escritorio, y mientras habla, busca los rotuladores de color sin dejar de recorrer al alumnado con la mirada) ¿qué otra relación acabamos de enumerar?		
que, si queremos determinar la dirección y el sentido del campo eléctrico “e”, en cada punto del espacio que tenemos que hacer? ¿trazar que cosa? en ese punto, una tangente a la línea de fuerza, y eso nos va a dar, que cosa? la dirección. ..Y el sentido (señala con el brazo a la pizarra) de la línea de fuerza nos va a dar, que cosa? el sentido del vector e.		
Entonces vamos a hacer eso, (toma dos rotuladores y se dirige a la pizarra) y vamos a determinar los puntos que hemos visto en esta región (señala con el índice sobre la figura), que el campo es más intenso y aquí en esta región (señala con el índice sobre la figura) que es más débil, (...) (marca un punto sobre la figura)		
		

Fuente: Elaboración propia

Laura coloca la cartuchera sobre el dibujo y con la otra mano recorre la figura con el índice arriba/abajo: “me están atravesando, vamos a colocarla más abajo, ¿cuántas líneas?”.

Estudiantes: - “cuatro”. y al responder los estudiantes, Laura recibe el *feedback*.

En la tercera fila de la tabla 7.7, Laura recorre con la cartuchera el espacio dibujado de líneas de campo y busca otra región: - “¿y Cuántas están atravesando a esta unidad de área?” - estudiantes: -uno- y Laura confirma: - Una. Por lo tanto, ¿qué podemos determinar?”.

En la cuarta fila de la tabla 7.7, Laura continúa agregando elementos sobre el dibujo de la pizarra: región uno, región dos, que van aumentando la descripción del escenario donde se desarrolla las líneas de campo y sus propiedades, para concluir con la tercera propiedad sobre el módulo del campo eléctrico: “¿cómo es el campo eléctrico en modulo?”- y con la participación de los estudiantes llegan a la conclusión que el campo en módulo es mayor en la región uno que en la dos, y lo escribe en la pizarra. Y afirma: “¿Y es una manera de describir cualitativamente a quién? a el campo eléctrico”

En la quinta fila, hace la proposición: “sí queremos determinar la dirección y el sentido del campo eléctrico “E”, en cada punto del espacio ¿qué tenemos que hacer? ¿trazar qué cosa? en ese punto, una tangente a la línea de fuerza, y eso nos va a dar, que cosa? la dirección.”

“Y el sentido de la línea de fuerza nos va a dar, ¿qué cosa? el sentido del vector E. Entonces vamos a hacer eso, ...”

Y Laura inicia a señalando de nuevo con el índice en la parte superior de la figura: “Aquí que el campo es más intenso y aquí en esta región, que es más débil”- señalando abajo al final donde apuntan las líneas.

Con este episodio Laura refuerza la comprensión de varias premisas: “el módulo del campo eléctrico es proporcional al número de líneas de campo por unidad de área transversal”, “las líneas de campo eléctrico salen de carga positiva y apuntan a carga negativa”, y cierra reforzando la premisa al inicio del tema, “la representación de las líneas de campo eléctrico de un sistema, es una manera de describir cualitativamente al campo eléctrico”.

A continuación, Laura se avoca a explicar cómo se representa el vector campo eléctrico en un punto, conocidas las líneas de campo.

7.2.5 Representación del vector campo a partir de la línea de campo.

En la tabla 7.8, episodios B13_L y B14_L, Laura se dedica a describir más propiedades de las líneas de campo. En la primera fila, episodio B13_L, Laura inicia a representar gestualmente y verbalmente, la dirección del vector campo eléctrico en un punto dibujado sobre una de las líneas de campo. Diciendo: “Entonces ¿qué hacemos? trazamos una tangente, (dibuja una línea en negro) y en esa tangente la dirección es esa”, (coloca el brazo sobre la figura siguiendo la recta) “Entonces, ¿quién determina el sentido (eleva el brazo sobre la figura con el índice apuntando arriba) del vector campo eléctrico? en este caso ¿el sentido de la línea de fuerza, nos está indicando la flecha hacia dónde? (eleva el brazo sobre la figura, y rota el índice arriba) “Hacia arriba, por lo tanto, el vector campo eléctrico en dirección y sentido, sería este (dibuja la flecha del vector y escribe “Ep3”) y este vector lo voy a llamar “Ep3”.


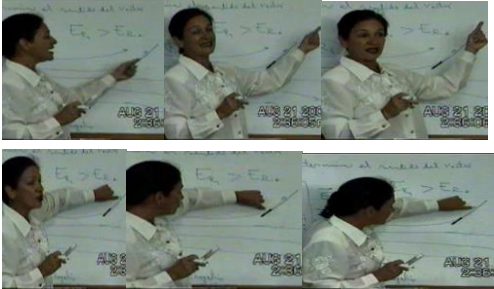
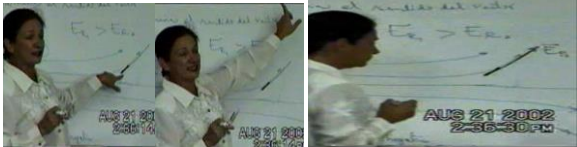

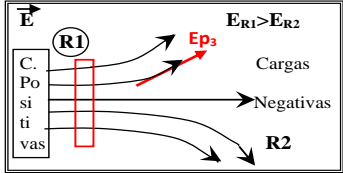

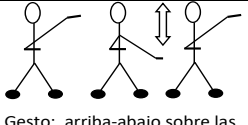
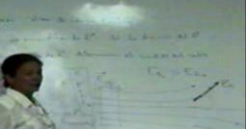
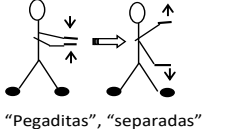

A medida que habla, va dirigiendo con la gestualidad, la dirección de la tangente, el sentido con el dedo apuntando y rotando el brazo para dar énfasis a la flecha de la línea de campo, que indica el sentido del vector campo. Y luego, dibuja el vector y le asigna un nombre, que es un procedimiento común matemático, todo vector debe estar identificado.

En la cuarta fila de la tabla 7.8, inicia B14_L, en el que Laura relaciona el concepto de campo eléctrico uniforme, con una distribución de líneas paralelas, diciendo: “sí en una cierta región del espacio las líneas de fuerza están uniformemente espaciadas, como en este caso, ¿verdad?”

Laura, se coloca sobre el dibujo y mueve el brazo extendido horizontalmente de arriba hacia abajo, señalando una zona de la figura, donde las líneas parecen estar en paralelo. Y para destacarlo, dibuja un rectángulo en esa zona. Y luego repite nuevamente, las características del campo que ofrece el comportamiento de las líneas de campo, verbal y gestualmente.

“Donde las líneas de campo eléctrico estén uniforme espaciadas (mueve el brazo sobre la figura arriba/abajo), entonces el campo eléctrico como es? Uniforme; dónde estén muy pegaditas (con los brazos extendidos, acerca las palmas de la mano) ¿el campo eléctrico es? intenso, donde estén muy separadas (separa los brazos verticalmente) ¿el campo eléctrico, como es? Débil. La tangente de en cada punto de una línea de fuerza nos va a dar la dirección y el sentido, ¿verdad? el sentido de circulación de las líneas de fuerza, la dirección y sentido del vector campo eléctrico”.

Tabla 7.8. Laura traza el vector campo, a partir de la línea de campo y describe zona de campo uniforme. Episodios B13_L y B14_L.

<p>[B13_L] (2:36) Entonces ¿qué hacemos? trazamos una tangente... (<i>dibuja una línea en negro</i>) y en esa tangente. la dirección es esa, (<i>coloca el brazo sobre la figura siguiendo la recta</i>) que es la orientación de la línea recta en el espacio, según hallamos definido puede ser hacia delante (<i>sobre la figura recoge y extiende el brazo en la dirección de la línea</i>) o hacia atrás en la misma dirección.</p> 	<p>Entonces, ¿quién determina el sentido (<i>eleva el brazo sobre la figura con el índice apuntando arriba</i>) del vector campo eléctrico?</p> <p>el sentido de la línea de fuerza que pasa por ese punto (<i>señala la flecha de la línea de campo con el índice</i>),</p> <p>en este caso ¿el sentido de la línea de fuerza, nos está indicando la flecha hacia dónde? (<i>eleva el brazo sobre la figura, y rota el índice arriba</i>)</p>  <p>Hacia arriba, por lo tanto, el vector campo eléctrico en dirección y sentido, sería este (<i>dibuja la flecha del vector y escribe "Ep3"</i>) y este vector lo voy a llamar "Ep3".</p> 
<p>[B14_L] (2:36:33) Por supuesto si en una cierta región del espacio las líneas de fuerza están uniformemente espaciadas, (<i>colocada a un lado de la figura, mueve el brazo izquierdo extendido horizontalmente de arriba abajo, señalando una zona de la figura</i>) como en este caso, ¿verdad? (<i>dibuja un rectángulo</i>)</p>	 <p>Gesto: Arriba-abajo</p>  <p>dibujo: rectángulo para destacar una zona de líneas paralelas</p>
<p>entonces se dice, (se apoya sobre el escritorio) que donde las líneas de fuerza estén uniforme espaciadas, ¿el campo eléctrico es? uniforme, uniforme en el espacio, es otra propiedad de las líneas de fuerza.</p> <p>(Repite y enumera todo lo que ha expuesto:) Donde las líneas de campo eléctrico estén uniforme espaciadas (<i>mueve el brazo sobre la figura arriba/abajo</i>), entonces el campo eléctrico como es? uniforme,</p>	  <p>Gesto: arriba-abajo sobre las líneas paralelas en la pizarra</p>
<p>¿dónde estén muy pegaditas (<i>con los brazos extendidos, acerca las palmas de la mano</i>) el campo eléctrico es? intenso,</p> <p>donde estén muy separadas (<i>separa los brazos verticalmente</i>) el campo eléctrico como es? débil,</p>	  <p>"Pegaditas", "separadas"</p>
<p>la tangente (<i>habla desplazándose y con la mano subiendo y bajando apuntando tocando índice pulgar</i>) de en cada punto de una línea de fuerza nos va a dar la dirección y el sentido, ¿verdad? el sentido de circulación de las líneas de fuerza, la dirección y sentido del vector campo eléctrico.</p>	

Fuente: Elaboración propia

Laura, cuando recuerda las propiedades de la carga, aparte de repetirlas, utiliza el gesto tipo “beat”, que acompasa su discurso con su mano arriba y abajo, cual director de orquesta con su batuta.

7.2.6 Las líneas de campo eléctrico son líneas abiertas.

En la tabla 7.9, episodio B15_L, en cinco filas, sigue enumerando propiedades y señalando con su brazo sobre el dibujo en la pizarra, que se extiende de “positiva” a “negativa” mientras dice “¿qué otra propiedad? ... las líneas de fuerza salen de la fuente, que son las cargas positivas y llegan a donde están ¿Quién? las negativas”.

Repite el gesto, y su gesto recuerda al episodio B09_L, con el comentario de las cargas negativas “**pishhh** como cuando se tira un objeto a un tobo”, ese gesto es el mismo que hace cuando inclinando el cuerpo atrás, estira el brazo y con la mano abierta sobre la figura la lleva cayendo hacia abajo. En la tabla 7.9, se puede ver en las imágenes de la primera fila, el gesto destacado con una flecha curva en la parte superior, siguiendo su gestualidad.

En la segunda fila de la tabla 7.9, continúa recordando, en las imágenes se trata de evidenciar el énfasis que realiza al hablar, con su cara, con la inclinación de su cuerpo y con el índice como apuntador tocando de manera reiterada sobre el dibujo en la pizarra: “Siempre, aunque uno no termine de dibujar las líneas de fuerza, esta línea, tiene que llegar necesariamente a una carga ¿qué? ... Negativa”.



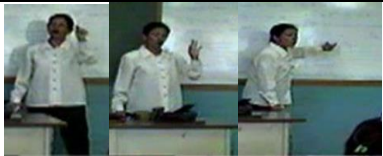

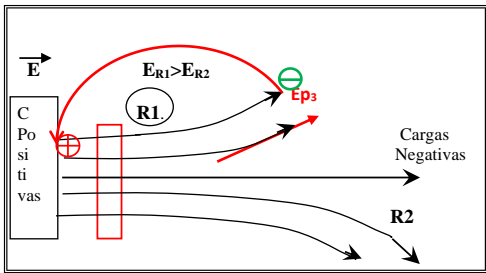
En la tercera fila de la tabla 7.9, con las primeras imágenes se su énfasis gestual con el índice levantado al frente, cuando dice: - “¡eso no lo podemos perder de vista! siempre una línea de fuerza tiene una fuente y un sumidero,

Y en la siguiente fila de imágenes se observa con su mano en movimiento de *beats* al agregar “y por lo tanto las líneas de fuerza, son líneas para el campo electrostático, son líneas abiertas”.

Laura ha agregado verbalmente la premisa “líneas abiertas” a las líneas de campo en electrostática, y lo presenta igualmente en el escenario para resaltarlo, dibujando cada carga a medida que las nombra “abiertas, verdad, porque comienzan en la carga positiva y terminan en la negativa”. Y luego dibuja una línea en rojo que cierra la línea de campo, para destacar por contradicción “No se cierran, ¡no hacen esto!”. En la parte inferior de la tabla 7.9, se muestra

cómo queda el escenario dibujado en la pizarra. Laura ha dibujado la carga positiva dentro de un redondel, y la carga negativa al finalizar la línea de campo. Luego dibuja en color rojo, una línea la une los extremos, para indicar lo que no es.

Tabla 7.9. Representación gestual sobre el dibujo en la pizarra: fuente-sumidero

Representación sobre el escenario dibujado en la Pizarra Episodio B15_L. Las líneas de campo, son líneas abiertas que salen de carga positiva/fuente y llegan a carga negativa/sumidero.	
Descripción	Recurso: verbal, gestual y dibujo en la pizarra
<p>[B15_L] (2:37:30) ¿qué otra propiedad? ... las líneas de fuerza salen de la fuente, que son las cargas positivas y llegan a donde están ¿Quién? las negativas.</p>	<p>(al lado de la figura y extiende un brazo hacia la derecha)</p>  <p>(repite, extiende un brazo hacia la derecha, inclinando el cuerpo atrás y estira el brazo y con la mano abierta sobre la figura la lleva cayendo hacia abajo)</p>
<p>siempre, aunque uno no termine de dibujar (señala con el índice sobre la figura) las líneas de fuerza verdad? ...esta línea (señala con el índice a la derecha de la figura) tiene que llegar necesariamente a una carga (inclina el cuerpo) que? Negativa...y (señala con el índice a la izquierda de la figura, e inclinando el cuerpo y moviendo la cabeza arriba/abajo mientras habla)</p>	
<p>¿esta línea de fuerza tiene que nacer en dónde? en una carga positiva, (...) ¿está claro? (habla desplazándose y con la mano subiendo y bajando apuntando tocando índice pulgar) ¡eso no lo podemos perder de vista!</p> <p>toda línea de fuerza tiene (apoya el índice sobre la figura, inclinando el cuerpo y moviendo la cabeza mientras habla) una fuente y un sumidero,</p>	
<p>y por lo tanto las líneas de fuerza, son líneas para el campo electrostático, son líneas abiertas.</p> <p>Abiertas, verdad, porque comienzan en la carga positiva (dibuja resaltando positivo-negativo) y terminan en la negativa. (dibuja un “\oplus” en el comienzo de una línea de la figura, y un “-” al final de esa línea, y luego una línea en rojo que las une)</p> <p>No se cierran, no hacen esto... (dibuja en rojo, lo que NO hace la líneas de fuerza)..</p>	 

Fuente: Elaboración propia

7.2.7 Las líneas de campo magnético, una premisa aun no construida.

En las tablas 7.10 y 7.11. se muestran los episodios [B16_L, B18_L], son minutos donde los estudiantes ya están conectados con la historia y se ve que fluyen la explicación de Laura usando las estrategias de los primeros episodios; es decir, presentando de manera verbal descriptiva, escribiendo en la pizarra y añadiendo elementos en el escenario dibujado. Laura acaba de presentar la cuarta propiedad: en el episodio B15_L, y la quinta y última propiedad en el episodio B17_L y B18_L.

En la tabla 7.10, se presenta el episodio [B16_L] en dos filas. En este episodio presenta una premisa que se verá mucho más adelante dentro del curso: el campo magnético.

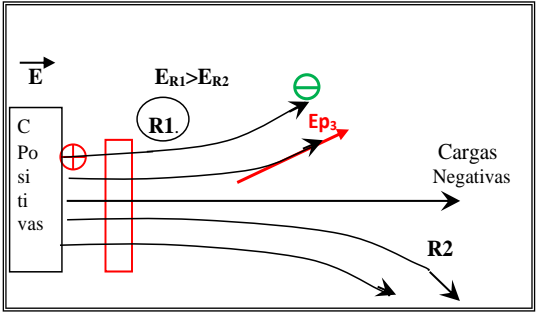

Laura ha presentado una característica en electrostática, las líneas de campo eléctrico son líneas abiertas, y ha dibujado lo que NO ocurre en color rojo. A partir de allí, Laura crea un enlace de esta historia, con otra nueva: las líneas de campo magnético que sí son líneas cerradas. Presentando similitudes y diferencias de las líneas de campo magnético con las líneas de campo eléctrico que al igual son líneas imaginarias; pero unas son cerradas y en la otra son líneas abiertas.

Laura enfatiza con la cara, levantando las cejas, inclinando el cuerpo, gesticulando con la mano arriba/abajo y acentuando el tono de voz, cuando presenta en la primera fila de la tabla

“Cuando veamos el campo magnético...vamos a observar que las líneas de campo magnético son líneas imaginarias, y cuando queramos nosotros describir cómo cambia el campo magnético en una cierta región del espacio, vamos a ver... que las líneas de campo magnético son cerradas mientras que las líneas de campo eléctrico son líneas ¿cómo? Abiertas”,

Laura va a la pizarra, borra la línea que acababa de dibujar en rojo y agrega “se inician en una carga positiva y terminan en una negativa” y remarca los signos positivo y negativo de la línea en el dibujo.

Tabla 7.10. Episodio B16_L relaciona las líneas de campo con el campo magnético.

Laura crea el enlace a nuevos temas, presentando a las líneas de campo magnético. Episodio B16_L.	
Descripción de la explicación.	Recurso: verbal y gestual
<p>[B16_L] <u>Cuando veamos el campo magnético...</u> vamos a observar que <u>las líneas de campo magnético son líneas imaginarias</u>, y <u>cuando queramos nosotros describir cómo cambia el campo magnético en una cierta región del espacio</u>,</p>	<p>(<i>enfatisa con la cara, levantando las cejas, inclinando el cuerpo, gesticulando con la mano arriba/abajo y acentuando el tono de voz.</i>)</p>
<p><u>vamos a ver...</u> que las líneas de campo magnético son cerradas <u>mientras</u> que las líneas de campo eléctrico son líneas <u>¿cómo?</u> abiertas.</p> <p>(<i>va a la pizarra, borra la línea que acababa de dibujar en rojo</i>) se inician en una carga positiva y terminan en una negativa (<i>remarca el “+” y el “-” de la línea en la figura</i>).</p>	
<div data-bbox="263 1081 1189 1444">  </div>	

Fuente: Elaboración propia

7.2.8 Las líneas de campo eléctrico no se cruzan.

Para finalizar las propiedades de las líneas de campo, Laura presenta la quinta propiedad como la ha llamado. En la tabla 7.11, se presentan los episodios B17_L y B18_L. En la primera fila, expresa su forma de organizar las características de las líneas en cinco propiedades enumeradas.

“Bien, otra propiedad, sería la numero 5, de las líneas de fuerza, a mí me gusta desglosarla de esa manera, ya que es más rápido para memorizar, la propiedad numero 5 es, fíjense bien”,

Y, señalando, con la mano “uno” con el índice levantado, y girando la cabeza izquierda, centro, derecha, mirando a su alrededor, agrega “por cada punto del espacio, solamente puede pasar una y sólo una ¿qué? línea de fuerza”, ¿qué quiere decir eso? Que nunca se pueden cruzar, ¿qué cosa? dos líneas de fuerza”

En la segunda fila, desarrolla esta premisa, dibujando en la parte superior de la pizarra, dos líneas de campo cruzándose y señala el punto de cruce con la letra “p”. Agrega “porque si hiciéramos eso, ¿qué pasaría entonces? ...de acuerdo a lo que hemos dicho, trazamos una tangente, trazamos otra tangente...”

En la parte inferior de la tabla 7.11, se observa el dibujo realizado. Laura a medida que explica que hay que trazar tangentes, dibuja sobre las dos líneas que se cruzan, dos vectores campo, que salen de “p” y que son tangentes a las líneas antes dibujadas.


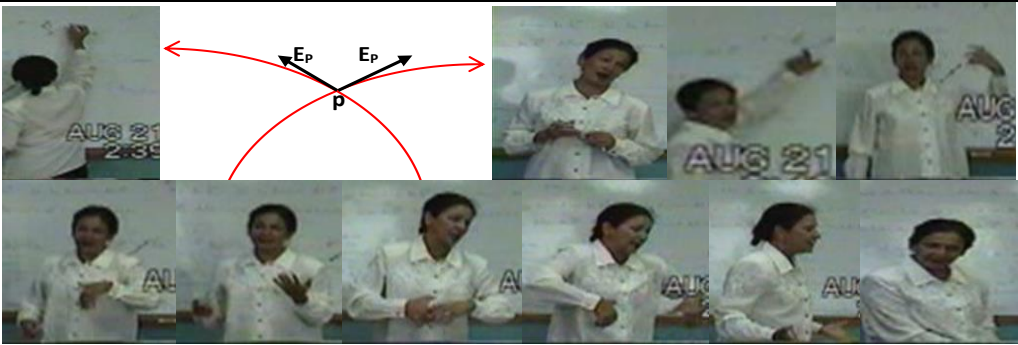
“Y ¿qué pasaría? estamos diciendo que en ese punto “p” el campo eléctrico no tiene una dirección y un sentido definido... y eso es falso” y enfatiza: “en cada punto del espacio el E tiene un solo valor, en modulo, dirección y sentido, por lo tanto, en un punto del espacio solamente puede pasar una y sola una línea de fuerza, ¿esa es la propiedad qué? numero 5.

“las líneas de fuerza, entonces no se cruzan... ¿por qué? porque entonces estaríamos diciendo ... que en ese punto la dirección del campo eléctrico pueda tener que? ninguna dirección definida”.

Y ahora pasa a otra sección... “Bien, vamos a tratar de dibujar las líneas de fuerzas para una configuración de cargas”

A continuación, viene el segmento explicativo donde realiza varios ejemplos, a partir del episodio B19_L y que ya fue mostrado en el capítulo seis de la historia construida: la carga eléctrica.

Tabla 7.11. Episodio B17_L y B18_L. Las líneas de campo no se cruzan

Episodios B17_L y B18_L. Las líneas de campo eléctrico no se cruzan solo pasa UNA por cada punto del espacio	
Descripción	Recursos: verbal, gestual y dibujo
<p>[B17_L] (2:39) bien, otra propiedad, sería la numero 5, de las líneas de fuerza ..a mí me gusta desglosarla de esa manera, ya que es más rápido para memorizar, la propiedad numero 5 es, fíjense bien, (<i>sentada sobre el escritorio, mientras habla muestra la mano con el índice levantado “uno” inclinando el cuerpo</i>) “por cada punto del espacio, solamente puede pasar una y solo una qué? línea de fuerza”, ¿qué quiere decir eso? Que nunca se pueden cruzar, ¿qué cosa? dos líneas de fuerza,</p>	
	
<p>[B18_L] porque si hiciéramos eso, (<i>se dirige a la pizarra</i>) (<i>dibuja dos líneas cruzándose</i>) ¿Qué pasaría entonces?</p> <p>De acuerdo a lo que hemos dicho, trazamos una tangente (<i>dibuja</i>) trazamos otra tangente...y ¿qué pasaría?</p> <p>estamos diciendo que en ese punto “p” el campo eléctrico no tiene una dirección y un sentido definido... y eso es falso,</p> <p>(<i>enfatisa:</i>) en cada punto del espacio el E tiene un solo valor, en modulo, dirección y sentido, por lo tanto, en un punto del espacio solamente puede pasar una y sola una línea de fuerza,</p> <p>esa es la propiedad qué? numero 5</p> <p>las líneas de fuerza, entonces no se cruzan... ¿por qué? porque entonces estaríamos diciendo ... que en ese punto la dirección del campo eléctrico pueda tener que? ninguna dirección definida</p>	
	

Fuente: Elaboración propia

7.2.9 Aspectos didácticos de Laura en la explicación

La historia de Laura, se puede describir desde la dimensión didáctica aplicando las categorías de la dimensión 1, y para hacer más fácil la descripción de la explicación de Laura, se separó en tres partes:

- **Primera parte:** Episodios [B01_L, B06_L] que incluye *la apertura y definición de líneas de campo* (B01_L, B03_L). Luego, (B03_L a B06_L) presenta tres características (dirección-sentido y módulo) de forma verbal y escritas de manera enumerada y en filas ocupando casi toda la pizarra; con la tercera propiedad expresada de forma matemática, y presentando de forma escrita las entidades: densidad de líneas y unidad de área.
- **Segunda parte:** Materializa y resuelve tensiones sobre las entidades, *líneas de campo y unidad de área transversal*, y su interacción. Destaca por ser la zona de mayor tensión, en el intermedio que abarca el intervalo de episodios [B07_L, B11_L], cuando no recibe el *feedback* de los estudiantes e inicia la materialización de las entidades, y una dinámica acompañada de preguntas, hasta recibir la respuesta de los estudiantes.
- **Tercera Parte:** Episodios [B12_L, B18_L] de la explicación de Laura que incluyen acciones como la verificación de la comprensión de los estudiantes, *se recapitula lo que presentó, repitiendo con su gestualidad lo realizado en B05_L, presenta el concepto visual de campo uniforme* y continua la elaboración de las líneas de campo. Esta vez con el *trazado del vector campo eléctrico en un punto, a partir de la tangente a la línea de campo* y las otras características (B13_L), y así continua junto con el desarrollo del dibujo agregando elementos.

A continuación, se presenta **la forma de intervención de la profesora Laura**. Contenidas en las tablas 7.12, separada en cuatro tablas, según las cuatro subcategorías, y que a continuación se presentan.

- La retórica de la enseñanza. ¿Cómo integra a la audiencia, intelectualmente y emocionalmente, haciéndola más receptiva y preparada al discurso que vendrá? Se observa cómo guía al estudiante en el contexto de que trata, o cómo va la clase, ¿hacia dónde vamos?, también crea controversias, o diferencias para hacerlos pensar, compartiendo ideas, considerando las ideas del estudiante. Presentada en la tabla 7.12a

- Destaca y refuerza los significados contruidos o que se van construyendo. ¿Cómo construye el orden o guion de la clase, en conjunto con la atención e interacción de la audiencia? Se generan tensiones, se observa si mantiene el orden conceptual, destaca y refuerza significados, regresa sobre conceptos contruidos en clases anteriores. Presentada en la Tabla 7.12b
- Elabora Entidades: ¿cómo construye o refuerza las entidades, que intervienen en la historia explicativa? Se toma en cuenta ¿Qué entidades elabora?, ¿cómo las define?, ¿cómo crea la imagen? Presentada en la Tabla 7.12c
- Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión. ¿cómo interviene para integrar a la audiencia a su nueva comunidad intelectual? (alfabetización profesional). Se toma en cuenta las áreas de la expresión matemática, y habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación. Presentada en la Tabla 7.12d

7.2.9.1 *La retórica de la enseñanza.*

Se observa que Laura **en la primera parte** de la historia Laura realiza lo que se conoce como *engagement al inicio de una clase* o apertura de la clase (tabla de análisis 7.2). Laura inicia el primer episodio con un *breve recuento de lo dado en la clase anterior* con ejercicios con cargas eléctricas y utiliza la anticipación a través de títulos, cuando destaca a la entidad a través de la escritura de su nombre en la pizarra como título, acompañado de la notación vectorial del campo. Luego presenta la estrategia que seguirá la explicación: “vamos a ir relacionando, las propiedades de las líneas de campo eléctrico con las características del vector campo eléctrico (dirección-sentido y módulo)”.

Laura utiliza la pregunta retórica con los verbos en segunda persona del plural, para introducir a lo que hará a continuación, pero involucrando a los estudiantes en la dinámica, por ejemplo, en B05_L ¿cómo relacionamos a las líneas de fuerza con el módulo del campo? Y luego provoca controversia en la descripción y la gestualidad que acompaña “las líneas se dibujan de tal forma que cuando las vemos pegaditas el campo es intenso y cuando las vemos separadas...”. Pero los estudiantes, no están viendo las líneas de campo, es algo imaginario de un concepto desconocido, por eso la controversia.

Ya **en la tercera parte** de la historia se observa el uso de la anticipación de contenido, al presentar al campo magnético y las líneas de campo magnético, Otra categoría observada es

nada para explicar cuando ya las líneas de campo se establecen como obvia su forma presentada, y Laura genera por contraposición la necesidad de explicar, al destacar la diferencia, entre ser una línea abierta o cerrada (B16_L). Estas características se resumen en la tabla 7.12(a) de las formas de intervención, usando la retórica.

Tabla 7.12a -Formas de intervención de la profesora Laura: La retórica de la enseñanza.

La retórica de la enseñanza. Cómo integra intelectualmente y emocionalmente, al estudiantado:			Episodios
¿Hacia dónde vamos? Guía al estudiante en el contexto de que trata, o cómo va la clase.	Vamos juntos	La apertura de la clase inicia recordando las actividades realizadas en la clase anterior, que fue determinar el campo eléctrico para cargas puntuales y distribución continua de cargas.	B01_L
	Utilidad e Importancia	Presenta la estrategia que seguirá la explicación. “vamos a ir relacionando, las propiedades de las líneas de campo eléctrico con las características del vector campo eléctrico”	B02_L
	La anticipación	Usando títulos Todo lo escribe. Presenta primero los títulos y subtítulos.	B01_L
		Con la pregunta en primera persona del plural. Hace uso de la pregunta retórica para anticipar o llamar la atención a lo que viene: ¿cómo relacionamos a las líneas de fuerza con el módulo del campo?	B05_L
		Con contenido de temas que aún no han visto. Con el campo magnético y las líneas de campo magnético	B16_L
¿Qué esperamos? Considera más las ideas del estudiante. Se generan tensiones	Provoca controversia/ Diferencias	¿Qué sucede si ...? Cuando describe que va mover su unidad de área por todo el espacio del campo, con las LCE perpendicular a la unidad de área. Con la gestualidad ROG-1, ROG-2, ROG-3	B05_L
		Imagínate esto Si en una cierta región del espacio las LCE están pegaditas el campo es intenso, si están separadas es débil, si están igualmente separadas el campo es uniforme...representada por la gestualidad	B05_L, B14_L
		¿Nada para explicar? algo que parece obvia se convierta en algo que necesita explicación Las LCE son líneas abiertas parece obvio, como si no existiesen líneas cerradas. Laura aquí da soporte al significado, por contraposición. GN-1, GN-2. Al igual con una LCE por punto, ¿por qué no dos o tres por punto?	B16_L B18_L
“Laura hace la audiencia receptiva y preparada al discurso que vendrá”			

Fuente: Elaboración propia

7.2.9.2 *Destaca, ordena y refuerza los significados que van construyendo la historia.*

Esta categoría se resume en la tabla 7.12 (b), descrita según el orden de la historia. **En la primera parte** de la historia, Laura aparte de la definición de las líneas de campo, solapa ideas e introduce nuevos términos como: circulación de línea de fuerza, unidad de área transversal, densidad de líneas de campo, sumidero, fuente. Deja las ideas principales sobre la pizarra, de forma escrita o en el desarrollo del dibujo, por ejemplo, en los tres episodios (B03_L a B06_L) presenta tres características (dirección-sentido y módulo) de forma verbal y escritas de manera enumerada y en filas ocupando casi toda la pizarra; con la tercera propiedad expresada de forma matemática, y presentando de forma escrita las entidades: densidad de líneas y unidad de área. Respecto al concepto de sumidero, en B09_L realiza un gesto onomatopéyico cuando presenta una metáfora y relaciona sumidero con el hecho de “tirar un objeto a un tobo (cubeta)”.

Resalta ideas claves a través del énfasis vocal, la repetición o cuando define o quiere resaltar que una idea es importante utiliza la voz de “dictado” en voz alta, marcando las sílabas y con el gesto de compas o beat. Su discurso verbal está apoyado en su entonación, la modulación marcada en su rostro al hablar y la escritura en la pizarra; tiene como característica que anticipa el escenario y recrea la entidad: líneas de campo, de forma verbal y gestual, antes de representarlo en un dibujo.

En la **segunda parte de la historia**, resalta la subcategoría *sondea significados con los estudiantes*. En esta segunda parte de la explicación, a partir del episodio B08_L (tablas 7.4, 7.5, 7.6); donde Laura coloca la cartuchera sobre el dibujo de la pizarra, desplazándose e inicia una serie de *preguntas de feedback* (PF), que no esperan una respuesta explícita sino un cambio en los estudiantes, una intención de contestar, un rumor, algo que les verifique que los estudiantes están con ella en la explicación. El *feedback* que recibe es que “no están con ella” en ese camino de construcción de significados se han quedado atrás (ver B08_L). En esta segunda parte del segmento resaltan los cuatro episodios [B08_L, B11_L], caracterizados por el tipo de preguntas realizadas por Laura para verificar la comprensión de los estudiantes y conseguir ese feedback. Al no recibir el feedback (censar la tensión) Laura añade la cuarta propiedad, de forma verbal y escrita, B09_L, que enlaza a las líneas de campo a una premisa ya conocida, la carga eléctrica. **Retoma los conceptos** de carga positiva y carga negativa y relaciona con fuente y sumidero respectivamente; luego de presentarlas, durante dos episodios, Laura realiza *preguntas de tipo guiadas* (PG), son preguntas cuya respuesta ya las ha dicho de manera implícita, solo falta rellenar la línea, y que en este caso los estudiantes van respondiendo, lo que

le da información a Laura de que tiene la atención de los estudiantes y a medida que van respondiendo, Laura agrega los elementos en la pizarra (B09_L).

Tabla 7.12b - Formas de intervención de Laura: Destaca, ordena y refuerza significados

	2. Destaca ordena y refuerza los significados construidos en el desarrollo de la historia		Episodios
¿Cómo organiza la clase?	selecciona ideas,	Las ideas principales las deja sobre la pizarra. De forma escrita o en el desarrollo del dibujo.	
	Solapa ideas, introduce nuevo termino	circulación de la línea de fuerza	B04_L
		densidad LF, unidad de área transversal	B06_L
		sumidero, fuente,	B09_L
		Anticipa nuevo termino LCM-CM y lo diferencia LCE- CE	B16_L
	resalta ideas claves	“acuérdense que el campo eléctrico es un vector y vamos a ir relacionando, las propiedades de las líneas de campo eléctrico con las características del vector campo eléctrico”	B03_L
		la línea de campo tiene punta y cola	B04_L
		a través de la pregunta retórica: ¿Cómo relacionamos las líneas de fuerza con el módulo del campo eléctrico?	B05_L
		a través de la pregunta retórica: ¿qué otra relación acabamos de enumerar? que, si queremos determinar la dirección y el sentido del campo eléctrico “e”, en cada punto del espacio tenemos que trazar en ese punto, una tangente a la línea de fuerza, y eso nos va a dar, ¿qué cosa? la dirección. Enfatiza al final: -Al cerrar el procedimiento Er1 mayor que Er2, agrega: esto es una manera de describir el campo eléctrico	B12_L
		Enfatiza palabras claves en la explicación.,	
		Repite la explicación científica, resume ideas claves	
		adopta una voz especial para señalar la importancia de partes claves.	
¿Cómo verifica la comprensión de la audiencia?	Sondea significados en los estudiantes.	Realiza preguntas tipo feedback, que le sirven para monitorear tensiones en la comprensión de su explicación, o el clima del aula	B08_L
		Realiza preguntas guiadas, con el objeto de a) dinamizar al estudiante y verificar su atención (estimula la atención del estudiante) o b) para dirigirlo a un nivel de pregunta más compleja	B09_L
		Realiza Preguntas, esperando respuesta para continuar si hay confirmación	B10_L -B11_L
		Lo explica de otra manera. Chequea el consenso de los estudiantes	
	Retorna sobre las ideas.	Recapitula sobre las actividades de la lección anterior.	B01_L
		Recapitula modulo, dirección y sentido del campo en función de las LCE	B14_L
		destaca en la forma de pronunciar.	
		repite las ideas o conceptos,	
	comparte ideas	Laura comparte un pensamiento propio, que describe a su estilo de escritura tan detallada, y le sirve al estudiante como una recomendación: “a mí me gusta desglosar de esa manera (se refiere a enumerar las propiedades como 1, 2, 3. 4 y 5ta) porque es más fácil memorizar”	B17_L

Fuente: Elaboración propia

En el episodio B10_L y B11_L, Laura continua la interacción y reinicia la dinámica de preguntas PR que hizo en B08_L colocando de nuevo la cartuchera sobre la pizarra, “en esta región del espacio, me están atravesando, ¿cuántas líneas? y me voy para acá ¿y cuántas están atravesando a esta unidad de área?, en este caso son preguntas PR ya que consigue claramente la respuesta esperada por parte del estudiantado. Lo que hace que continúe preguntando y comparando regiones de líneas de campo con el valor del módulo del campo, y sigue agregando características al escenario, con las respuestas de los estudiantes: “ $R_{E1} > R_{E2}$ ”.

A partir de allí, se desarrolla **la tercera parte de la explicación** que fluye, junto con el desarrollo escenario creado en la pizarra, el episodio B12_L, no agrega más elementos, describe lo que ha realizado y que falta determinar dirección y sentido del vector, explicando el trazado de la recta tangente, luego *recapitula lo que presentó, repitiendo con su gestualidad lo realizado en B05_L*, y *presenta el concepto visual de campo uniforme*, apoyándose en la cartuchera sobre el dibujo y el dedo índice resaltando las líneas de campo. Se observa el uso de la *recapitulación para retornar sobre las ideas en B14_L*, que también lo hizo en el inicio de la primera parte como recuento. En B15_L destaca que las líneas de campo electrostático son líneas abiertas.

Llama la atención que el significado lo realiza con la contraposición “de lo que no es”, y lo dibuja. Aprovecha para presentar las líneas de campo magnético, que son cerradas (B16_L). Y finalmente presenta la última propiedad e igualmente dibuja la contraposición lo que no debe suceder en las líneas de campo, dibujándolo en color rojo. Esto se resume en las primeras filas de la tabla 7.12(b) de las formas de intervención, reforzando significados construidos o que se están construyendo en la explicación.

Laura resalta con el manejo de la pregunta retórica [Pr]: para dirigir la clase, anticipando contenidos, para “sondear significados con los estudiantes” o para censar la tensión en el aula. Se destaca el uso de la pregunta como *feedback* [PF], que no esperan una respuesta explícita sino un cambio en los estudiantes, una intención de contestar, un rumor algo que les verifique que los estudiantes están con ella en la explicación. Igualmente, preguntas sencillas tipo guías [PG], para invitar al estudiante iniciar una dinámica de preguntas –respuestas [PR].

7.2.9.3 Elaboración de entidades.

En la explicación de Laura, se observa que todo el discurso se basa en construir la entidad: líneas de campo eléctrico LCE o líneas de fuerza. Aparte de ello, se observa la elaboración de la entidad: unidad de área transversal. Esta categoría se resume en la tabla 7.12 (c).

En la primera parte de la historia, Laura elabora gradualmente la entidad de las Líneas de campo, a través de la definición, la descripción de tres propiedades que las relaciona de forma descriptiva, verbal y escrita, con las partes del vector campo eléctrico (aun no realiza el dibujo que muestre una imagen de las líneas de campo). Sin embargo, al aparecer una nueva entidad, con la primera aun no materializada generó un conflicto en los estudiantes que no tenían la imagen de las líneas de campo y ahora se dificulta aún más la comprensión al agregar una nueva entidad que no logran conectar.

Se inicia **la segunda parte** con el séptimo episodio (B07_L), donde se observa en la explicación un cambio, de un estilo narrativo textual Laura pasa ahora a *elaborar la entidad*: “*unidad de área, transversal*” que ha escrito en la pizarra, y que relaciona las líneas de campo con el módulo del campo eléctrico. Para ello utiliza la representación con objetos acompañada de la gestualidad corporal, ROG; Laura presenta a su unidad de área, una cartuchera o portalápices, y la línea de campo su brazo con el índice como punta, su cuerpo enfatiza la acción, inclinándolo mientras se desplaza para representar lo que describe, marcada con preguntas retóricas: “voy ubicar esta cartuchera en la región del espacio, pero de tal manera que las líneas de campo eléctrico sean perpendiculares a la superficie - tomamos una unidad de área y voy a desplazar mi unidad de área en todo el espacio, para ver cómo va variando E” (ver B07_L). Con esta representación, Laura materializa “la unidad de área” y a una línea de campo con el brazo, dando características reales y haciendo las entidades visibles.

La explicación de Laura se desarrolla para construir la entidad: líneas de campo eléctrico LCE o líneas de fuerza, y además se observa la elaboración de la entidad: unidad de área transversal. Para ello hace uso de la representación con objetos y del dibujo “*in crescenti*” como estrategia

En la tercera parte de la explicación, con la verificación de la comprensión de los estudiantes, se continua la elaboración de las líneas de campo. Esta vez con el trazado del vector campo eléctrico en un punto, a partir de la tangente a la línea de campo y las otras características

(B13_L). y así continua junto con el desarrollo del escenario dibujado en la pizarra. Se resumen las características de la elaboración de las entidades en la tabla 7.12 (c)

Tabla 7.12c - Formas de intervención de Laura: Elaboración de entidades.

	3. Elabora Entidades. Cómo construye o refuerza las entidades, que intervienen en la historia explicativa		Episodios
¿Qué entidades elabora y cómo las define?	Lo nuevo a partir de lo antiguo. Interacción con premisas conocidas.	Las premisas fueron presentadas haciendo relaciones entre sí o con otras conocidas: definición de las líneas de fuerza (LF) o líneas de campo eléctrico (LCE)	
		sentido de la LCE y sentido del campo	
		Modulo del campo eléctrico es proporcional a la densidad de LCE	
		Relaciona LCE con las cargas eléctricas: positiva y negativa. Representación gráfica	B10_L
		Relaciona LCE con la forma de describir cualitativamente al campo eléctrico en una región	
		LCE con la tangente en un punto de ella, y esta con la representación gráfica de la dirección del campo en ese punto	
		LCE con unidad de área	
		Las LCE son líneas abiertas	
		Por cada punto del espacio sólo puede pasar una sola línea de campo eléctrico	
		LCE y campo eléctrico uniforme, representación gráfica.	
	Lo nuevo con lo por venir.	Interacciona a entidad con premisas por conocer. LCE y unidad de área transversal	B07_L
		A partir de las LCE introduce conceptos nuevos relacionados con las cargas eléctricas: fuente, sumidero	B08_L
		A partir de las LCE introduce conceptos nuevos relacionados con campo eléctrico: circulación del campo, campo uniforme	
		Campo magnético y líneas de campo magnético. Relaciona LCE con LCM, y campo magnético. A través de similitudes y diferencias	B16_L
	Se construye gradualmente (definición, descripción, etc).	Elabora la entidad LCE con su definición.	B02_L
		1ra propiedad – 2da propiedad LCE	B04_L
		3ra propiedad LCE	B06_L
		Elabora la entidad: unidad de área transversal	B07_L
		4ta propiedad LCE	B09_L
		5ta propiedad LCE	B16_L
	Describe las partes	Las LCE tienen punta y cola	B04_L
¿Cómo crea la imagen?	Materializa la entidad	Presenta las líneas de campo por medio de un dibujo	B08_L
		Presenta una LCE por medio del brazo apuntando con su mano	B07_L
		Presenta la unidad de área transversal representada en un objeto (cartuchera o plumier)	B07_L
		Presenta el vector campo	B13_L

Fuente: Elaboración propia

7.2.9.4 Promueve aptitudes de la profesión.

Como aptitudes se destaca el refuerzo *de valores propios de nomenclatura en la escritura y el gráfico*, que se exigen en el lenguaje formal del ingeniero, como la organización y claridad al escribir, la importancia del dibujo del sistema de estudio, la representación vectorial con su nomenclatura, la simbología como magnitud física. Algunas características se detallan en la tabla 7.12 (d).

Tabla 7.12d - Formas de intervención de Laura. Promueve habilidades de la profesión.

4. Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión. Integra al estudiante en la forma de comunicarse dentro de su nueva comunidad intelectual.			Episodios
En la expresión matemática	Nomenclatura matemática vectorial	Importancia a la notación vectorial E vector, al escribir el título, lo acompaña de la nomenclatura vectorial.	B01_L
		Presenta la densidad de LF:	B06_L
	Desarrolla capacidades matemáticas	Desarrolla relaciones lógicas cualitativas, de cantidad y de comparación.	B08_L
		Se expresa de forma matemática. Escribe la 3ra propiedad usando notación matemática (módulo proporcional a la densidad de LCE)	B06_L
En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación	Desarrolla la visión espacial	Materializa la entidad unidad de área y la entidad línea de campo: cartuchera y brazo con el índice como punta	B07_L
		Cartuchera + dibujo	B08_L
		Utiliza el dibujo y basa su explicación sobre él	
		Utiliza la representación vectorial con su nomenclatura. No solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito.	
	Nomenclatura en el gráfico. Uso de la expresión simbólica, gráfico y vectorial.	Notación de los vectores E_{R1}	B08_L
		Presenta relaciones de comparación cualitativa	B12_L
		La noción de tangente a la línea y del trazado de un vector	B13_L
		Utiliza la representación vectorial con su nomenclatura. No solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito.	B13_L
	Desarrolla esquemas coherentes de análisis	Importancia de colocar nombre al vector. Por ejemplo, E_{P1} o al dibujar las líneas de campo que escribe sobre el dibujo el vector campo E	B14_L, B08_L
		A través de la explicación y el desarrollo del dibujo que acompaña a la explicación, se le da coherencia a los análisis	
		Establece la necesidad de tanto la expresión escrita, como la representación del sistema que justifica lo escrito. Ambos con el uso de la nomenclatura descriptiva correspondiente para todos los elementos que interactúan en dicho sistema.	

Fuente: Elaboración propia

Desarrolla esquemas coherentes de análisis, no solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito. Por ejemplo, en **la segunda parte de la explicación**, en el episodio

B08_L; Laura *desarrolla la visión espacial* a través del dibujo de la entidad: líneas de campo, trayéndolas al escenario de la pizarra, con un dibujo sencillo, formado por cinco líneas. En la **tercera parte** de la historia, *desarrolla capacidades matemáticas-gráficas*; por ejemplo, la noción de tangente a la curva y el trazado del vector en B13_L.

7.2.10 Aspectos multimodales de Laura

La historia de Laura, analizada desde la dimensión 3, focaliza la atención en la acción multimodal presentados en forma de tablas para organizar lo observado. Quedando este apartado organizado de la siguiente manera.

1. Puesta en Escena, subclasificada según los escenarios. Corresponde a la historia de forma muda, la puesta en escena, colocando en secuencia las imágenes que identifican las acciones destacadas durante la construcción de la historia explicativa
2. La Historia descrita desde los modos comunicativos
3. Los modos comunicativos Se representan las subcategorías de la dimensión multimodal, aplicando las categorías de modos comunicativos a las tablas de análisis de las secciones anteriores

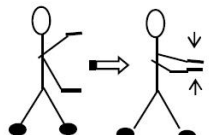
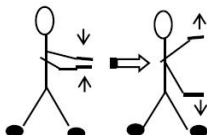
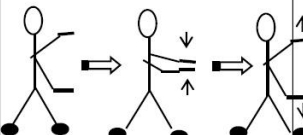
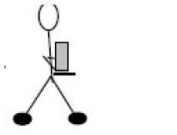
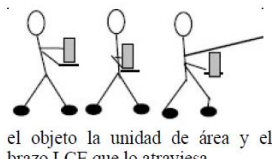
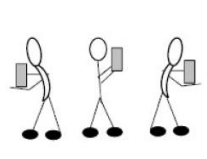
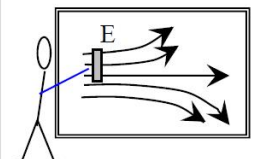
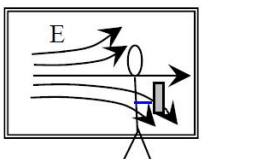
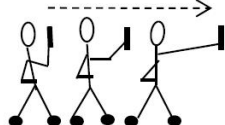



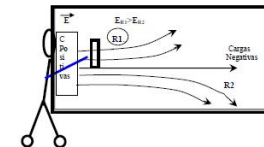
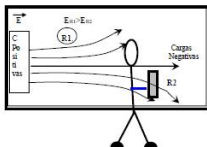
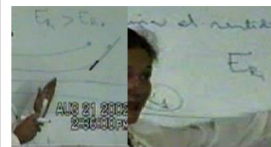


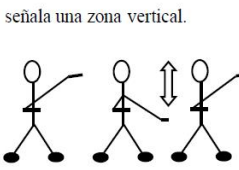


7.2.10.1 *La puesta en escena de Laura en la historia.*

La puesta en escena resume de forma visual, la acción del profesor a lo largo de la explicación, las cuales se presentan en las tablas 7.13; formadas con las imágenes ordenadas de forma cronológica de izquierda a derecha. Cada imagen está identificada con: un código que resume la acción y con el episodio donde se ubica, descritos en la parte inferior de cada tabla. Se describe la puesta en escena en dos partes:

- **La gestualidad y el objeto sobre la pizarra en el segmento explicativo.** Episodios [B01_L, B18_L] en la tabla 7.13a se resume la actuación de Laura tomando en cuenta la gestualidad en la construcción del concepto de líneas de campo eléctrico y sus propiedades.

Tablas 7.13a Contenido de las interacciones. Laura en clases de LCE-Propiedades.

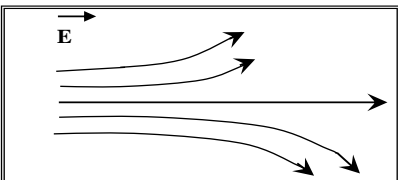
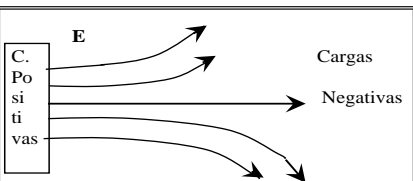
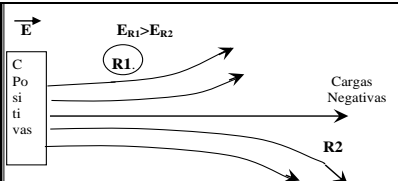
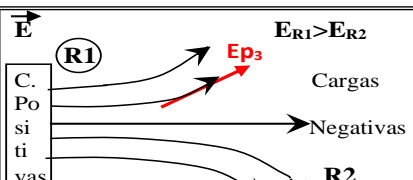
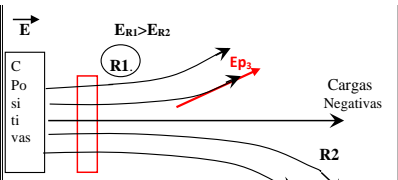
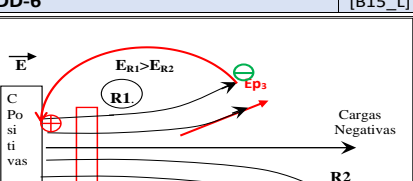
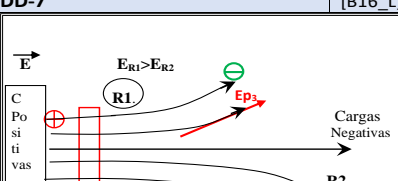
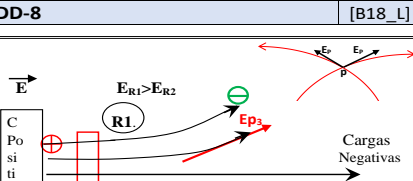
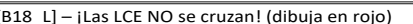
Gestualidad en el segmento explicativo. Episodios [B01_L-B18_L]

Gestualidad observada en el segmento B01_L al B18_L. Propiedades de la LCE.							
GN-1	[B05_L]	GN-2	[B05_L]	GN-1→GN-2.	[B05_L]	ROG-1:	[B07_L]
							
ROG-2:	[B07_L]	ROG-3	[B07_L]	ROD-1	[B08_L]	ROD-2	[B08_L]
							
GN-3	[B09 y B10_L]	GNo-1:	[B09_L]	GN7	[B09 y B15_L]	ROD-3 GA-1	[B11_L]
							
ROD-1	[B11_L]	ROD-2	[B11_L]	D+GN4	[B13_L]	D+GN5	[B13_L]
							
GA-2	[B13_L]	GN6	[B14_L]	GC-1 uno	[B17_L]	GB +GF	
							
<p>GA: gesto apunador GB: gesto beat, compas GC: gesto conceptual GF: gesto facial GN: gesto narrativo</p>				<p>GNo: Gesto narrativo que acompaña a la onomatopeya D +GN: Dibujo + gesto narrativo ROG: Representación con objetos y gestualidad ROD: Representación con objetos sobre el dibujo de la pizarra</p>			

Fuente: Elaboración propia

- **La representación escrita en la pizarra y del escenario dibujado. Episodios [B01_L a B18_L]** El uso de la pizarra es lo más destacado ya que acompaña en todo momento a la explicación. En la tabla 7.13b se resume el desarrollo de la pizarra realizada por Laura en la construcción del concepto de líneas de campo eléctrico y sus propiedades.

Tablas 7.13b Contenido de las interacciones. Laura en clases de LCE-Propiedades. Desarrollo del escenario dibujado en la pizarra. Episodios [B01_L a B18_L]

E: Título y premisas escritas - Pizarra [B02_L] <div> Líneas de Fuerza Líneas de campo eléctrico 1º tg en c/u línea de E da la dirección del E 2º sentido de la línea de E determina el sentido del vector 3º $E \propto$ densidad de líneas de campo eléctrico Densidad = $\frac{\text{Nº líneas de campo E}}{\text{unidad de área transversal}}$ </div>	[B02_L]	DD-1 [B08_L] 	[B08_L]
DD-2 [B10_L] 	[B10_L]	DD-3 [B11_L] 	[B11_L]
DD-4 [B13_L] 	[B13_L]	DD-5 [B14_L] 	[B14_L]
DD-6 [B15_L] 	[B15_L]	DD-7 [B16_L] 	[B16_L]
DD-8 [B18_L] 	[B18_L]	E: Pizarra final en la escritura <div> Líneas de Fuerza Líneas de campo eléctrico 5ª 1º tg en c/u línea de E da la dirección del E 2º sentido de la línea de E determina el sentido del vector 3º $E \propto$ densidad de líneas de campo eléctrico Densidad = $\frac{\text{Nº líneas de campo E}}{\text{unidad de área transversal}}$ 4ª Líneas parten de las cargas positivas y llegan a las cargas negativas </div>	[B18_L]
DD-8 [B18_L] 	[B18_L]	E: Pizarra final en la escritura <div> Líneas de Fuerza Líneas de campo eléctrico 5ª (la dicta) Por un punto sólo puede pasar una LCE. </div>	[B18_L]

DD: desarrollo del dibujo: indica la evolución del dibujo, el número indica el orden.

E: Escritura simple en la pizarra

Fuente: Elaboración propia

7.2.10.2 *Modos comunicativos utilizados por Laura.*

En esta sección se describe lo observado desde la organización de la puesta en escena, realizada para Laura; tomando en cuenta las características sobre el trabajo en la pizarra, la gestualidad y la representación con objetos tabla 7.13, todo plasmado en función de las categorías en la tabla 7.14.

➤ ***Primera parte: apertura y definición de líneas de campo*** [episodios B01-B06].

La primera parte destaca por la forma verbal con marcada entonación (GF), con la descripción escrita en la pizarra, acompañada de la pregunta retórica, y la gestualidad, hasta llegar a la representación con objeto sobre la pizarra para realizar las preguntas tipo feedback donde no obtuvo respuesta. A partir de allí se inicia el desarrollo del dibujo, dando materialidad a las líneas de campo. En las tres primeras imágenes de la primera fila de la tabla 7.13a, se muestra en el episodio B05_L, una gestualidad narrativa muy utilizada por Laura cuando se refiere a las líneas de campo, que indica, “muy pegaditas” o “muy distanciadas”. En la primera fila de la tabla 7.13b se presentan dos imágenes ocurridas en los primeros ocho minutos de la explicación, en una se muestra la pizarra escrita con el título (ET) y las tres propiedades (E, EN) con el dibujo cuando representa las LCE.

➤ ***Segunda parte: unidad de área transversal, e interacción*** [episodios B07-B11]

Se observa una mayor interacción multimodal con gestos, acompañada de las preguntas retóricas para censar a la audiencia. En la segunda, tercera y cuarta fila de la tabla 7.13a, se muestran *las representaciones con objeto usando la cartuchera* (ROG1,2,3 y ROD1y 2) utilizado en los episodios B07_L y B08_L donde no consigue la respuesta del estudiante.

Hasta el episodio B07_L, los estudiantes conocen las líneas de campo, por una descripción escrita, verbal, hasta gestual si tengo muchas líneas o si tengo poco. Información que hasta ahora no es suficiente para construir significado y realizar las conexiones con el conocimiento hasta ahora. En B07_L se agrega otra entidad que agrega un nivel de dificultad adicional: la unidad de área transversal, y la profesora Laura anticipa la dinámica a realizar, presenta un objeto como su unidad de área y con su gestualidad representa la línea de campo como su brazo, que atraviesa el objeto: unidad de área. Ya Laura recrea una imagen para el estudiante, del sistema y adicionalmente en B08_L, ofrece un soporte gráfico

que aporte en la construcción de significado. Sin embargo, aún no es suficiente para responder las preguntas cuando realiza la dinámica que incluye ROD-1 → ROD-2).

Es a partir de [B09_L] aquí que se observa que Laura, tiene más riqueza gestual en las representaciones que ofrecen las conexiones necesarias de estas nuevas entidades a los conceptos previos, la más destacada es la del dibujo en la pizarra, cuando conecta a las LCE con la carga eléctrica; sin embargo, destaca también el trabajo realizado sobre la pizarra, con su gestualidad, utilizando los brazos, las manos, objetos sobre el dibujo, etc.

En la tercera fila de la tabla 7.13a, se muestra la primera figura el trabajo gestual sobre el dibujo de la pizarra a medida que describe “nace de carga positiva y llega a carga negativa” moviendo la mano desde el inicio a fin de las líneas. Se observa la importancia que le da al hecho de que las LCE lleguen a la carga negativa, resumido en el concepto de “sumidero” y que caracteriza por el uso de la gestualidad, y el uso de la onomatopeya a través de la metáfora “es como lanzar un objeto a un tobo /cubeta”. Laura utiliza preguntas guiadas, obteniendo las respuestas que le confirman para agregar elementos como los nombres de la carga eléctrica en cada extremo.

En el episodio B10_L (segunda fila de la tabla 7.13b), Laura al detectar la tensión en la audiencia, desarrolla el dibujo de la pizarra y agrega elementos al dibujo como *las cargas eléctricas*, que le sirven de andamiaje para relacionar las LCE con algo conocido.

En [B11_L] (cuarta fila de 7.13a ocurre la repetición de la representación con objetos sobre la pizarra (ROD1-ROD2), pero con un dibujo más elaborado con más elementos que ofrecen el andamiaje suficiente, para realizar las preguntas que realizó en B07_L, y conseguir una respuesta clara del estudiantado. Esta segunda parte es la de mayor interacción con los estudiantes.

➤ ***Tercera parte: trazado del vector campo sobre la línea de campo*** [episodios B12-B18]

Al final a partir de B13_L, cuando ya se resuelven las tensiones, el **dibujo destaca** acompañando al discurso verbal de la explicación, y en la tabla 7.13b pueden verse las imágenes de la pizarra que ocupan las tres filas restantes. En esta etapa se destaca la mayor densidad de trabajo sobre el escenario agregando elementos sobre el dibujo, resaltando procedimientos correctos e incorrectos en color rojo, en un tiempo menor a cinco minutos. Se observa que la representación gráfica de las *líneas de campo* es necesaria para su comprensión y resuelve muchas ideas de difícil comprensión por parte del estudiante, como

el representar el campo eléctrico de forma cualitativa en modulo (comparado), dirección y sentido. En la última fila de la tabla 7.13b, se observa el estado final de la pizarra, con la escritura de las propiedades y el dibujo desarrollado en totalidad.

Se observa el desarrollo gráfico y el uso de la gestualidad narrativa, para dar soporte y destacar el dibujo. Por ejemplo, en la cuarta fila de 7.13a se observan (D+GN4, D+GN5) para destacar el concepto de tangente, dirección y sentido del vector. En la quinta fila de la tabla 7.13a, se observa el gesto apuntador que enfatiza rotando el índice sobre el punto señalado GA-2, y el gesto conceptual al enfatizar “sólo puede pasar una y solo una ...”.

Algo que caracteriza a la profesora es su pronunciación marcada es como quien realiza un dictado el tono, aparte de su gran gesticulación en la boca al hablar, y a menudo se acompaña de un gesto de batuta con la mano (GB+GF).

7.2.10.3 *Resultados de la construcción de la historia de Laura*

Con Laura se realizó la diferenciación entre las preguntas, apareciendo las categorías de a) pregunta retórica (Pr), para dirigir la explicación, para llamar la atención, b) pregunta de feedback (PF) que la utiliza para censar a los estudiantes, c) pregunta guía (PG) que son preguntas que esperan respuesta, pero su nivel de dificultad es bajo, tiene más un objetivo de iniciación a una dinámica, de retomar la comprensión de los estudiantes y d) la pregunta objetivo que espera respuesta (PR) que si es una pregunta de evaluación de la comprensión cuando están en un momento de tensión y necesita verificar si se resolvió. Igual se agregó (GFtono), que por lo general es usado para indicar cuando el tono de voz cambia, pero en Laura es su gestualidad muy marcada al pronunciar. Un modo que no logré colocar en la tabla sería el de la mirada evaluativa, lo que se ha llamado en varias ocasiones “tipo faro” y caracteriza a la profesora Laura. Se añadió otra característica dentro de los modos comunicativos, y fue el enlace (observado en B11_L), que en este caso indica que el conjunto de los modos realizó la función de relacionar el significado gráfico con el matemático. (modo cíclico, unión de modos que cierran cuando hacen el enlace)

El propósito de la explicación. Laura, presenta el concepto de las líneas de campo eléctrico de forma escrita, gráfica y usando relaciones grafico-matemáticas, con el propósito que los estudiantes puedan representar de forma cualitativa, usando relaciones matemáticas, con el uso de dibujos, a las líneas de campo y su relación con otros conceptos, en especial lograr que: *dada una representación de líneas de campo en una región, los estudiantes puedan en diferentes puntos de esa región, graficar al vector campo eléctrico de forma tal, que se puedan comparar*

entre ellos: *módulo, dirección y sentido; de forma cualitativa y haciendo uso de las propiedades de las líneas de campo*. Este propósito forma parte de las competencias de análisis que debe desarrollar el estudiante de ingeniería, y al ser cualitativo presenta un nivel alto de dificultad para el estudiante, que está más acostumbrado a asignar números. En la tabla 7.14 se muestra la tabla que formaliza las categorías de los modos comunicativos en la construcción de líneas de campo eléctrico y en la parte inferior se encuentra la leyenda. En esta tabla se pueden observar en rojo enlaces entre episodios, indicando que se repite la acción, como por ejemplo la gestualidad de *pegaditas y separadas*, observadas en B05_L y B14_L; o la representación con la cartuchera en la pizarra, que lo realiza en B08_L y B11_L.

Tabla 7.14. Modos comunicativos de Laura: Propiedades de las líneas de campo.

Modo comunicativo		LAURA: líneas de campo eléctrico- introducción- definición y características.																	
Episodios 1min		Episodios [B01 al B18]																	
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Representación	ROD								plu mier			Plum ier							
	ROG							plu mier											
Dib.	DD																		
Enlace	R→EM																		
	D→EM																		
	EM																		
Escritura	EN _{ombr}																		
	ES _{vect}																		
	E-																		
	ET _{ítulo}																		
Gestual	GC																		
	GN																		
	GA																		
	GBeat																		
	GF _{tono}																		
	pausa																		
Pregunta	P-R																		
	PG																		
	Pr																		
V	Habla																		
Episodios		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18

ROD: Rep. con objetos sobre el dibujo

ROIG: Rep. con objeto e imaginario, gestualidad y desplazamiento

DD: desarrolla el dibujo

R→EM: enlace representación con la expresión matemática

D→EM: enlace el dibujo con una expresión matemática

EM: escritura matemática en la pizarra

EN: uso de nomenclatura

E: escritura en la pizarra

ES: símbolo en la pizarra

ET: título en la pizarra

GA: gesto apuntador

GB: gesto beat

GC: gesto conceptual

GF: gesto marcado al hablar

GN: gesto narrativo

P: Pausa

Pr: Pregunta retórica, orienta la explicación

PF: Pregunta feedback, censa clima del aula

PG: Pregunta Guía que espera respuesta, es dirigida para activar/integrar la audiencia

PR: Pregunta que espera y recibe, respuesta

LCE: líneas de campo eléctrico

LCM: líneas de campo magnético

Fuente: Elaboración propia

7.2.11 La representación de la construcción de historia de Laura.

Para la representación de la historia de Laura se realizó el gráfico cualitativo, correspondiente a la Dimensión T de análisis. Una forma de describir el comportamiento didáctico multimodal de una trayectoria narrativa, sería estudiando el comportamiento de tensiones generadas en el tiempo. En general, el planteamiento de situaciones que generen el conflicto cognitivo, va acompañado de un quehacer del profesor orientado a intentar que los alumnos tomen partido de una dinámica orientada a la comprensión de los significados expuestos.

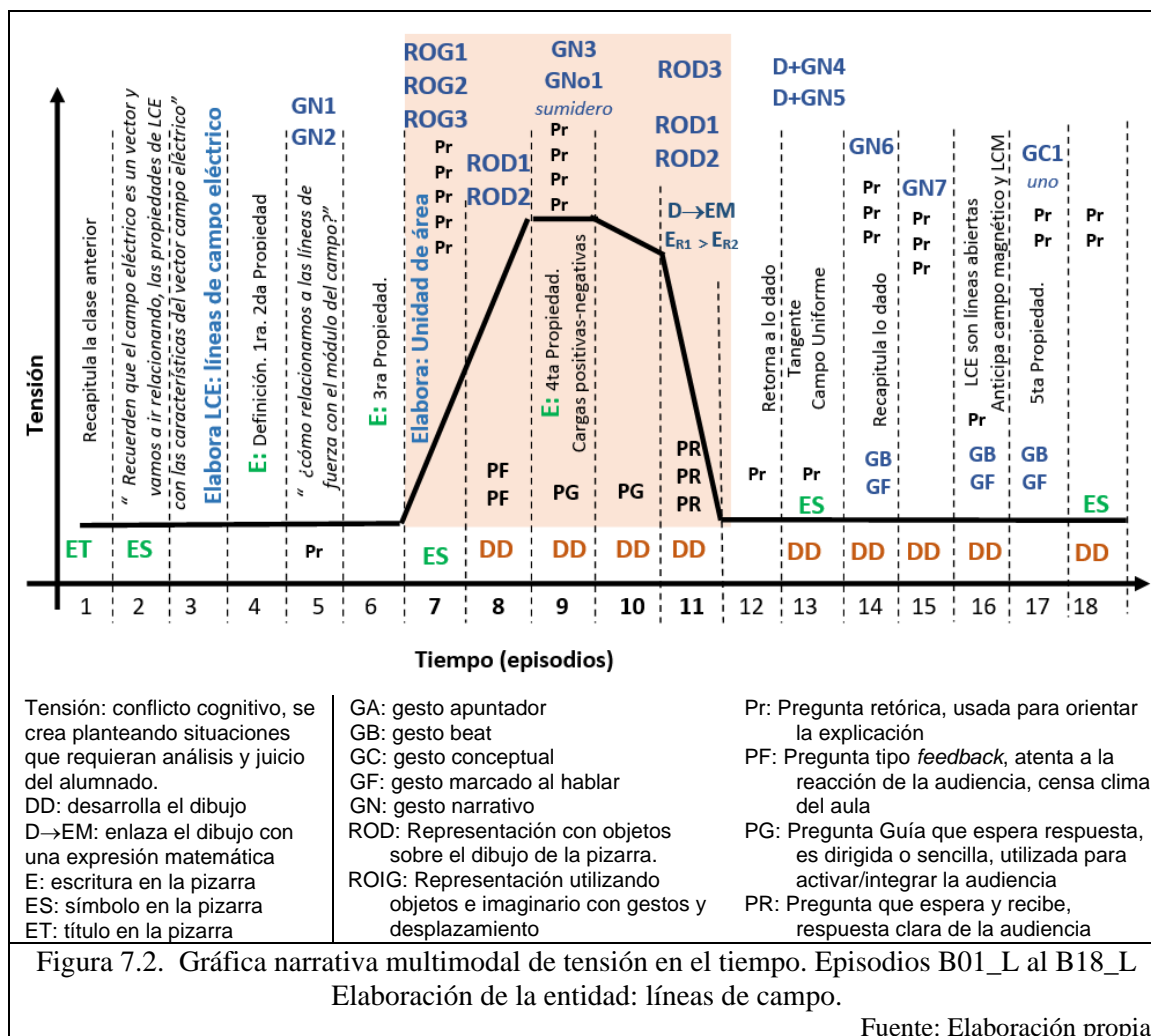
7.2.11.1 La gráfica de la trayectoria narrativa

La historia de Laura se muestra representada, en la figura 7.2, donde se resaltan las tres partes de la historia, destacando la parte central con un sombreado que va de B07_L a B11_L. La primera incluye la apertura, la escritura en la pizarra, la segunda parte inicia con la tensión generada en B07_L, y finaliza cuando recibe la respuesta de los estudiantes en B11_L, y la tercera parte continua el desarrollo marcado por el dibujo y la pregunta retórica que va guiando el orden de la explicación.

Cómo se censó la tensión en la historia: en B07_L la gráfica sube, esto indica que se censó un nivel de conflicto cognitivo en la explicación. La profesora Laura hasta ese momento, ha descrito de forma verbal y escrita a las líneas de campo, y ahora agrega una nueva entidad que es la “unidad de área transversal”, luego realiza una representación del imaginario utilizando su brazo, como la línea de campo y un objeto (plumier o cartuchera) como la unidad de área y, se observa que realiza varias preguntas retóricas que no consiguen la respuesta de la audiencia. Se censura de esta manera la tensión generada, se interpreta que los estudiantes no visualizan a la unidad de área con las líneas de campo, que era lo que la profesora estaba explicando.

Cómo se resuelve la tensión en la historia: En esta segunda parte se observa que Laura en B08_L dibuja las líneas de campo, y luego repite la representación de B07_L, ahora apoyada sobre el dibujo (ROD1-ROD2), realiza la pregunta (PF) y no recibe respuesta, por eso continua la tensión. En B09_L, se ve un mayor uso de recursos, uso de la pregunta retórica, que los guía junto con el dibujo que lo enriquece con elementos conocidos para hacer el andamiaje; e inicia la dinámica de preguntas primero de un nivel sencillo, buscando la adhesión del estudiante y su incorporación a responder (PG) y luego repite la representación (ROD1-ROD2) y esta vez si

recibe la respuesta del estudiantado, por lo que se considera resuelto el conflicto. En la gráfica de la figura 7.2, se acompaña junto con la gráfica de tensión, los modos comunicativos que describen de una forma rápida y cualitativa, la secuencia de la actuación de Laura en la construcción de la historia. Los modos comunicativos se indican en los episodios con comentarios e iniciales que puedan describir lo más destacado de la explicación.



7.2.11.2 Modos comunicativos y la trayectoria narrativa de Laura.

En la tabla 7.15, se muestran las categorías de los modos comunicativos de forma tabulada y ordenada en el tiempo, remarcando las tres partes en que se dividió su segmento. Resalta la apertura, con escrito y pregunta retórica, luego la parte de crear significados y materializar a las líneas de campo con un cambio en la dinámica de las preguntas, con el dibujo y la representación, para finalizar en la tercera parte retornando a la pregunta retórica que guía la clase, junto con el desarrollo del dibujo y la gestualidad para remarcar y repetir lo dado antes.

Tabla 7.15. Modos comunicativos y construcción de la historia: Propiedades de las líneas de campo.

Modo comunicativo		LAURA: líneas de campo eléctrico: introducción- definición y características.																	
		Episodios [B01 al B18]																	
Episodios 1min		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Representación	ROD								plu mier			Plum ier							
	ROG							plu mier plu mier				plum ier							
Dib.	DD																		
Enlace	R→EM																		
	D→EM																		
	EM																		
Escritura	ENombr																		
	ESVect																		
	E-																		
	ETítulo																		
Gestual	GC																		
	GN					2x									3x				
	GA																		
	GBeat										4x								
	GF _{tono}																		
	pausa																		
Pregunta	P-R											3x							
	PG									2x									
	PF							2x											
	Pr						5x		4x						3x	3x		2x	2x
V	Habla																		
Episodios		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Tensión

Recapitula la clase anterior

“ Recuerden que el campo eléctrico es un vector y vamos a ir relacionando, las propiedades de LCE con las características del vector campo eléctrico”

Elabora LCE: líneas de campo eléctrico

GN1
GN2

E: Definición. 1ra. 2da Proiedad

“ ¿cómo relacionamos a las líneas de fuerza con el módulo del campo?”

E: 3ra Propiedad.

Elabora: Unidad de área

ROG1
ROG2
ROG3

ROD1
ROD2

GN3
GNo1
sumidero

ROD3

ROD1
ROD2

D→EM
 $E_{R1} > E_{R2}$

Retorna a lo dado

Tangente

Campo Uniforme

Recapitula lo dado

GN6

GN7

LCE son líneas abiertas

LCE son líneas abiertas

Anticipa campo magnético y LCM

GC1
uno

5ta Propiedad.

ES

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

Pr

<

Fuente: Elaboración propia

De Laura se destaca la escritura y el cuidado en la nomenclatura y notación vectorial. En rojo se destaca la modalidad repetida, en este caso con la cartuchera o plumier, y en la gestualidad con el gesto de “pegaditas-separadas”.

7.3 Pere: la aplicación de la visión científica. El ejemplo.

Pere, en esta clase acaba de presentar el concepto de flujo eléctrico, introduce las líneas de campo eléctrico como algo conocido, y plantea la expresión de la ley de Gauss. Ahora, continúa la construcción de la tesis ley de Gauss con un ejemplo que es determinar la intensidad del campo eléctrico para una carga eléctrica puntual aplicando la expresión matemática de la ley de Gauss, para lo cual construye la premisa superficie Gaussiana. Su objetivo es demostrar que al aplicar Gauss y determinar el módulo del campo eléctrico el resultado es el mismo que el obtenido al utilizar la ley de Coulomb, y destaca la importancia de la selección de la superficie gaussiana de modo de simplificar el producto escalar facilitando así la resolución de la integral doble o integral de área.

Para lograrlo, Pere, en su discurso requiere que los alumnos "vean", la carga puntual con su campo eléctrico, el vector superficie en varios puntos de la esfera como superficie gaussiana, y analizar el comportamiento entre los dos vectores. Para ello Pere hace uso de la representación mímica de las líneas de campo. A continuación, se presenta el análisis de la historia, ubicada en la resolución de problemas a nivel inicial, formada por once episodios (del E01_P, al E11_P), con una duración total de once minutos aproximadamente

A continuación, se muestra la historia creada por Pere, separada en apartados que describen los recursos utilizados a medida que se desarrolla la explicación y clasificadas según el modo resaltante en:

- La apertura del ejemplo. La escritura en la pizarra y el dibujo que soporta la explicación. La presentación del escenario: la carga puntual y la esfera como superficie gaussiana.
- El dibujo. La presentación de las líneas de campo y otras variables que intervienen para realizar la explicación del ejemplo.
- La mímica sobre la pizarra.

- La resolución de la expresión matemática. Relaciona texto escrito, con el dibujo (variables) para presentar las partes que intervienen en la expresión matemática.
- Cierre, creando diferencias. Representación de un sistema imaginario: un cubo.

A continuación, se presenta la explicación de Pere.

7.3.1 La apertura del ejemplo. La escritura y el dibujo en la pizarra.

En la tabla 7.16, distribuido en cuatro filas, se muestran los episodios: E01_P al E03_P. En la primera fila de la tabla, Pere inicia indicando el título de su historia que está basada en la resolución de problemas: “vamos a utilizar la ley de Gauss”-ubica la expresión matemática “para calcular el campo eléctrico debido a ...” y describe el sistema a analizar.

“Tengo una carga puntual, vamos a dibujar una carga positiva que esta por acá y vamos a calcular el campo eléctrico en este punto, una expresión que todos conocemos, ... a una distancia “r” (pausa)”

Pere da presencia a su historia, por medio de la pizarra, colocando el título de la explicación: *Calculo del campo eléctrico debido a una carga puntual*, comienza a dibujar en la pizarra la carga, y da presencia a la ubicación dibujando un punto y lo nombra “P” indicando donde desea determinar el valor del campo eléctrico y presenta al vector posición “r”, al dibujar un vector que va desde la carga al punto y le coloca el nombre, ver el dibujo de la pizarra en la segunda fila de la tabla.

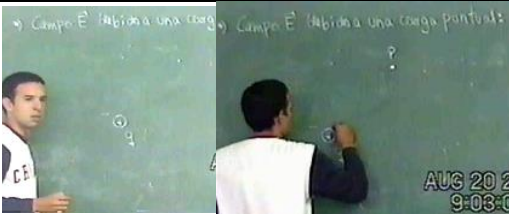

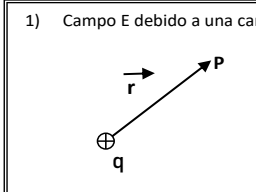


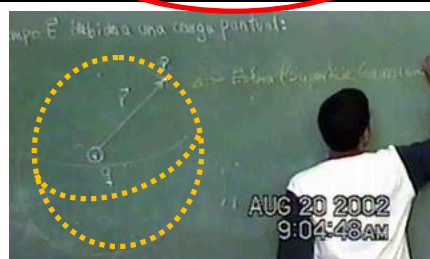
En la segunda fila de la tabla, en el episodio E02_P, presenta un componente necesario para aplicar la ley de Gauss: “bueno para hacerlo...vamos a utilizar una superficie...que vamos a llamar superficie gaussiana, esa superficie gaussiana por llamarse así debe cumplir ciertas condiciones”

Presenta a la superficie gaussiana y describe de manera sencilla la primera característica, resaltando que: - “deben intentar que el vector diferencial de área tenga la misma dirección del campo eléctrico” - y refuerza la explicación verbal, acompañada de la gestualidad, indicando con los índices tocándose paralelos, para representar a estos dos vectores (ver imágenes de la tercera fila en la tabla 7.16).

En la cuarta fila de la tabla 7.16, episodio E03_P, Pere selecciona sin mucha argumentación inicial, a la esfera como la *superficie ideal*: “Yo creo que la superficie más ideal, que vamos a

llamar gaussiana para este caso” -dibuja un gran círculo amarillo alrededor de la carga – “es una esfera, esta es la superficie gaussiana que vamos a utilizar para calcular este campo eléctrico” y de nuevo hace pausa.

Tabla 7.16 Episodios E01_P al E03_P. Esfera gaussiana alrededor de una carga puntual

Ejemplo de líneas de campo. ley de Gauss - carga puntual Episodio E01_P E02_P y E03_P		
Descripción de explicación.	Recurso: Pizarra (Escritura + Dibujo)	
<p>E01_P (9:02) <u>vamos a utilizar la ley de gauss para calcular el campo eléctrico de una carga puntual.</u> (<i>escribe</i>)</p> <p>tengo una carga puntual</p> <p><u>vamos a dibujar una carga positiva que esta por acá</u> (<i>dibuja</i>) y</p> <p>vamos a calcular el campo eléctrico <u>en este punto</u>, una expresión que todos conocemos, <u>a una distancia r...</u> (<i>dibuja, pausa</i>)</p>	 <p>(pausa y en silencio, borra la pizarra verde y escribe “Campo E debido a una carga puntual”)</p>	
<p>E02_P Introduce Superficie Gaussiana</p> <p>bueno para hacerlo...vamos a utilizar una superficie...que vamos a llamar <u>superficie gaussiana</u>..</p> <p>esa superficie gaussiana por llamarse así debe cumplir ciertas condiciones</p>	<p>.. (<i>habla de frente a los alumnos con los brazos a su lado y las manos al frente que salen de su pecho</i>)</p> 	<p>1) Campo E debido a una carga puntual</p> 
<p>en la mayoría de sus puntos el campo eléctrico ..en la mayoría de sus puntos (<i>une los dedos índices</i>)</p> <p>el ángulo entre <u>el vector área</u>, o el pequeño <u>diferencial de área</u>, y el <u>campo eléctrico</u>; vamos a intentar de que sea en el mismo en la mayoría,</p> <p>.. a lo mejor es mucha exigencia, pero vamos a procurar que sea en todos, en la mayoría</p>		
<p>E03_P (<i>La esfera</i>)</p> <p><u>Yo creo que la superficie más ideal</u>, que vamos a llamar gaussiana para este caso (<i>dibuja</i>)</p> <p>...es <u>una esfera</u>, esta es la superficie gaussiana que vamos a utilizar para calcular este campo eléctrico (<i>pausa</i>)</p>		 <p>(<i>dibuja en silencio un círculo amarillo alrededor de la carga que pasa por p y escribe en color amarillo: “Esfera (Superficie gaussiana)”</i>)</p>

Fuente: Elaboración propia

Pere resalta la entidad esfera: superficie gaussiana, en la pizarra dibujando el círculo en color amarillo alrededor de la carga y escribiendo en la pizarra: “*Esfera (Superficie gaussiana)*”, para dar presencia a la nueva premisa superficie gaussiana y para describir lo que representa el círculo dibujado en el plano de la pizarra: una esfera, dándole una descripción espacial.

7.3.2 El dibujo y la representación espacial

En este apartado se analiza la presencia de las líneas de campo en el escenario dibujado para resaltar la relación entre vector área y campo eléctrico, presentado en la tabla 7.17 con el episodio E04_P. “Vamos a dibujar las líneas de campo... Esta es una ...esta es otra. ... acuérdate que son variables.”

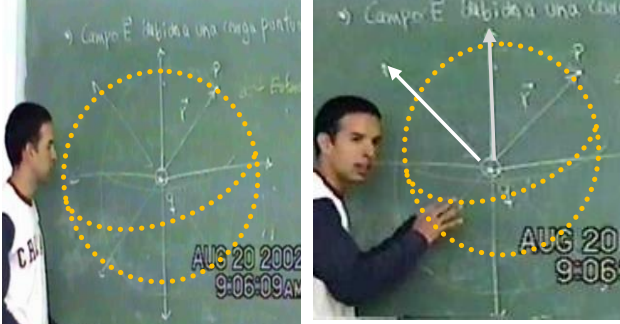
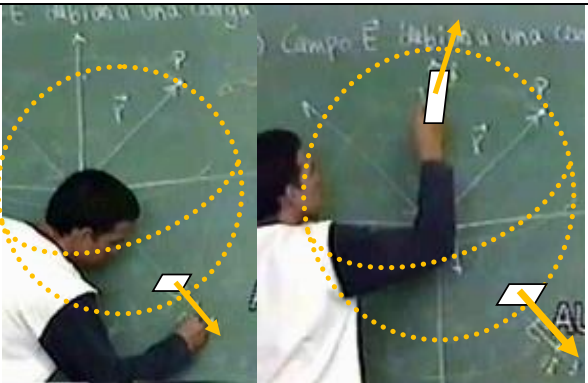
Pere desde el centro de la esfera amarilla que representa la superficie gaussiana, dibuja líneas radiales que representan las líneas del campo. Pere acompaña su discurso con la acción de dibujar en formato grande, y así, dibuja ocho líneas radiales y las presenta como las líneas de campo. “(..)...entonces voy a pararme en algún lugar de esta superficie gaussiana ...digamos por ejemplo aquí.... “

En este episodio Pere, materializa a la esfera, al expresar: “voy a pararme en algún lugar de esta superficie”, y agrega otro elemento vectorial sobre el escenario que está dibujando en la pizarra: el vector área.

Pere dibuja pequeños rectángulos sobre la esfera para dar presencia a trocitos de área que sirven de soporte al vector diferencial de superficie dibujado como vector que sale de este rectángulo, dibujado, y luego repite los vectores en otras zonas de la esfera, y resalta en palabras: “ahí el vector de superficie es paralelo al campo eléctrico, seguramente si me paro por acá arriba”

Pere va dando presencia al sistema, añadiendo detalles con cada elemento que agrega y cómo se comportan las premisas (líneas de campo, vector área) en relación con la superficie gaussiana, que es la premisa en construcción. En el dibujo se destaca el paralelismo con la línea de campo, lo que justifica la afirmación planteada aquí y en el episodio anterior: el vector área debe tener igual dirección que el campo eléctrico evaluado en la esfera gaussiana. Luego “...y que tal si me paro aquí o más allá.”

Tabla 7.17 Episodios E04_P. Líneas de campo alrededor de una carga puntual

Episodio E04_P. Ejemplo de Líneas de Campo.	
Descripción.	Recurso: Dibujo + color + Gestos: apuntador:
<p>[E04_P] Vamos a dibujar las líneas de campo....</p> <p>Esta es una (<i>dibuja una línea</i>) ...</p> <p>esta es otra. (<i>dibuja otra línea</i>) ...</p> <p><u>acuérdate</u> que son variables...</p> <p>(<i>sigue dibujando</i>)</p> <p><i>Dibuja 8 líneas radiales que salen de la carga líneas que terminan en flecha indicando la dirección del campo.</i></p> <p><i>Apuntador: presenta las líneas de campo a medida que las dibuja ("esta es una", "esta es otra") señala las líneas dibujadas.</i></p>	
<p>(..)...entonces voy a pararme en algún lugar de esta superficie gaussiana ...digamos por ejemplo <u>aquí....</u></p> <p>ahí el vector de superficie es paralelo al campo eléctrico, seguramente si me paro por acá arriba</p> <p>(<i>dibuja</i>)</p> <p><i>dibuja un cuadrado y un vector saliendo de la esfera, lo repite en dos puntos diferentes</i></p>	
<p><i>El recurso utilizado es la acción de explicar a la vez que dibuja de manera Grande y bien definida (La Pizarra + apuntador): dibuja una carga puntual centrada en una esfera, y de la carga salen líneas radiales que terminan en flecha indicando la dirección del campo.</i></p>	

Fuente: Elaboración propia

7.3.3 La Mímica: Yo soy una carga puntual y mis brazos las líneas de campo.

En este apartado se observa al profesor Pere, ejecutando una mímica. La *mímica* es la comunicación a través de gestos o ademanes, que generalmente acompaña al habla y sirve para complementar la comunicación, aclararla y enfatizarla; donde los músculos del rostro acompañados de las posturas, dan expresión a los gestos que tratan de transmitir mensajes

capaces de ser entendidos por los demás. Los gestos deben de ser claros, exagerados y muy precisos, ya que el cuerpo crea imágenes que se suceden y se mantienen un tiempo determinado, con intervención sucesiva de varias partes del cuerpo a la vez.

En la tabla 7.18, se muestra el episodio E05_P, repite el sistema construido en la pizarra, para revestir de presencia retórica y verificar si es visible el sistema en el espacio. Para ello el profesor acompaña el sistema dibujado en el plano de la pizarra, con una representación que le dé un carácter espacial al sistema. “Pero estas son líneas que están en este plano ¿okey?”

Pere se coloca en el centro del dibujo de la carga eléctrica, de espalda a los estudiantes, y con sus brazos extendidos para representar las líneas de campo, de modo de dar visibilidad. Ver imágenes en la primera fila de la tabla, “pero hay líneas que salen de la pizarra también ¿okey?”

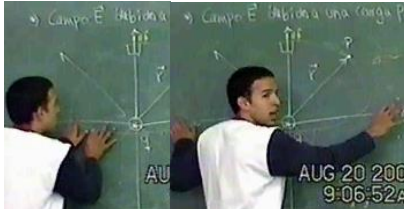

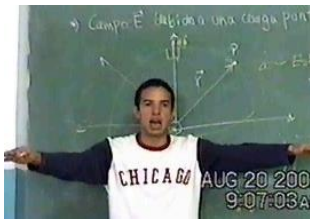
El simula líneas radiales con los brazos extendidos y dedos apuntando como flechas, líneas que salen de él, a la derecha, al centro a la izquierda, como si fuese él la carga.

En la tercera fila de la tabla se observa que agrega “pero cualquiera de estas líneas de campo eléctrico, en cualquier punto de la superficie gaussiana son paralelas al diferencial de área, ¿cierto?, ¿sí o no? ¿cierto o falso?”

Al final del episodio se observa la espera de la confirmación con el auditorio, cuando Pere pregunta: - “lo pueden imaginar? ¿tienen un poquito de abstracción?” - y se mantiene con los brazos abiertos personificando aun a la carga eléctrica y las líneas de campo, esperando el *feedback*.

En este quinto episodio Pere destaca a través de las líneas de campo, una característica de la nueva premisa que está construyendo, la superficie gaussiana. El recurso utilizado es la mímica sobre el escenario dibujado en la pizarra: Yo soy la carga y mis brazos representan las líneas de campo, para concluir: “cualquiera de estas líneas de campo eléctrico, en cualquier punto de la *superficie gaussiana* son paralelas al diferencial de área”, y agrega: “de todas maneras, si no tienen un poquito de abstracción, revisamos las superficies que salen en el libro que son más bonitas, ¿okey?”




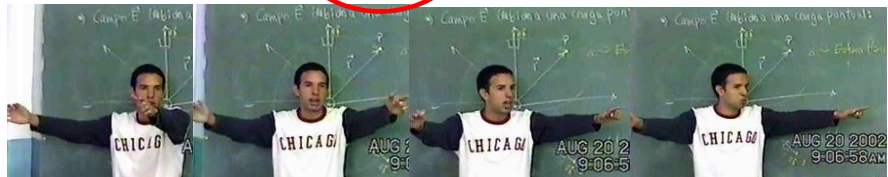
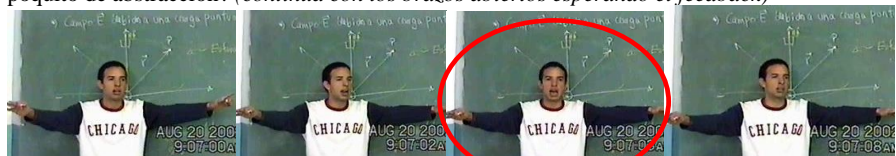
Tabla 7.18. Representación Mímica. Pere: Yo soy la carga. Episodio E05_P.

Episodio E05_P. Representación Mímica. Yo soy la carga y mis brazos las líneas de campo.		
Descripción de la explicación.	Recurso: Mímica sobre el escenario de la pizarra.	
<p>[E05_P] Pero estas son líneas que están en este plano okey?</p>		<p>(se dirige con las manos al centro de la esfera en la pizarra, y barre con los brazos hacia fuera, de espalda al alumnado, y buscando la mirada con los alumnos)</p>
<p>... pero <u>hay líneas que salen de la pizarra</u> también ¿okey?</p>		<p>(habla, mientras ubicado en el centro de la esfera, gira y simula con los brazos extendidos, líneas que salen de él, a la derecha, al centro a la izquierda, como si fuese él la carga)</p>
<p>pero <u>cualquiera de estas líneas de campo eléctrico, en cualquier punto de la superficie gaussiana son paralelas al diferencial de área...</u></p> <p>¿cierto? ... ¿sí o no?... ¿cierto o falso?</p> <p><u>¿lo pueden imaginar?</u> (pausa) ¿tienen un poquito de abstracción? (continúa con los brazos abiertos esperando el feedback)</p> <p>“cualquiera de estas líneas de campo eléctrico, en cualquier punto de la <u>Superficie Gaussiana</u> son paralelas al diferencial de área.”</p> <p>... <u>de todas maneras</u> si no tienen un poquito de abstracción, <u>revisamos las superficies que salen en el libro que son más bonitas</u>, ¿okey?</p>		<p>Pausa, con brazos abiertos en cruz</p>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7.19 se muestran los dos episodios tomado de la transcripción, el episodio E04_P del apartado anterior y este nuevo episodio E05_P donde las imágenes destacan la gestualidad del profesor, realizando la mímica colocándose él como la carga, para representar cómo se comportan las líneas de campo.

Tabla 7.19. La Mímica. Líneas de campo eléctrico. Episodios E04_P y E05_P

CLASE #2 DE PERE – LEY DE GAUSS- CARGA PUNTUAL	
<p>(E04_P) 9:06 Vamos a dibujar las líneas de campo....Esta es una (<i>dibuja una línea</i>) ... esta es otra (<i>dibuja otra línea</i>) acuérdate que son variables(<i>dibuja</i>) (..) entonces voy a pararme en algún lugar de esta superficie gaussiana..digamos por ejemplo aquí...(<i>dibuja un cuadrado y vector saliendo de la esfera</i>). ahí el vector de superficie es paralelo al campo eléctrico, seguramente si me paro por acá arriba (<i>dibuja y se coloca a un lado</i>)</p>	
	
<p>(E05_P) Pero estas son líneas que están en este plano okay? (se dirige con las manos al centro de la esfera en la pizarra, y barre con los brazos hacia fuera, de espaldas al alumnado, y buscando la mirada con los alumnos)</p>	
	
<p>...pero hay líneas (habla, mientras ubicado en el centro de la esfera, gira y simula con los brazos extendidos, líneas que salen de él, a la derecha, al centro a la izquierda...como representando él a la carga) que salen de la pizarra también okay?..</p>	
	
	
<p>(E05_P) (9:07) pero cualquiera de estas líneas de campo eléctrico, (<i>con los brazos abiertos en cruz</i>) en cualquier punto de la superficie gaussiana son paralelas al diferencial de área... ¿cierto?... ¿sí o no? ... ¿cierto o falso? (<i>comentan los estudiantes</i>) ¿lo pueden imaginar? (pausa) ¿tienen un poquito de abstracción? (<i>continúa con los brazos abiertos esperando el feedback</i>)</p>	
	

Fuente: Elaboración propia

7.3.4 *La interacción entre el dibujo y la resolución matemática.*

En la tabla 7.20, distribuido en tres filas, se presentan los episodios E06_P y E07_P, donde Pere usando el lenguaje matemático, realiza el enlace entre el sistema que describe el planteamiento del problema y la expresión matemática para resolverlo. Para ello conecta el escenario dibujado con la expresión de la ley de Gauss, la identificando sus componentes y resaltando la importancia de la notación vectorial.

En la primera fila de la tabla 7.20, se observa la imagen cuando Pere señala la esfera y repite subiendo el tono de voz al decir: “**esta** es una superficie gausseana”, y ahora agrega: “Vamos a valernos de aquella expresión para calcular la intensidad de campo eléctrico en este punto a una distancia “erre” - y señala la expresión escrita en la otra pizarra, y a “r”.”

Pere realiza el enlace del sistema planteado con la expresión matemática de la ley de Gauss, para resolver el problema, que es determinar la intensidad del campo eléctrico en P. A medida que explica, señala las variables primero r, luego P.

“se acuerdan que el campo eléctrico lo podemos calcular en cualquier punto - señala el punto P - independientemente de que halla o no una carga de prueba en el punto... si ¿verdad?... ¿lo recuerdan?, bueno vamos a hacerlo acá. Pere escribe la ecuación de Gauss y hace una pausa, se ubica al lado del dibujo mirando hacia los estudiantes”.

En la segunda fila de la tabla 7.20, episodio E07_P, Pere con una expresión dice: - “¡Créanme lo siguiente!” – y escribe en silencio la expresión matemática sin la notación vectorial dentro de la integral y la “Q” en mayúscula es sustituida por el nombre de la carga “q” de su dibujo. Una vez hecho esto se dispone a realizar la comparación: “...hay una gran diferencia entre escribirlo así” – señala la primera ecuación los vectores – “o escribirlo así” - señala la expresión siguiente. “aquí ya he desarrollado el producto punto entre estos dos vectores - señala la primera expresión. “fíjate que no aparece el coseno de ningún ángulo por ahí” - señala la segunda expresión y se queda así en pausa señalando.

Tabla 7.20. La gaussiana en la simplificación de la integral de Gauss. E06_P y E07_P

Relaciona variables en la expresión matemática con el sistema dibujado para el análisis. Superficie Gaussiana. Episodio E06_P, E07_P	
Descripción de la explicación.	Recurso: verbal + dibujo + desarrollo matemático
<p>[E06_P] cerrando el episodio anterior agrega:</p> <p>...esta es una superficie gaussiana ¿okey?</p> <p>Vamos a valernos de aquella expresión para calcular la intensidad de campo eléctrico en este punto a una distancia “erre”</p>	<p>“Esta” (sube la entonación, afirma con la cabeza y señala con el índice en la figura)</p>  <p>(señala la expresión escrita en la otra pizarra, y a “r”)</p>
<p>..se acuerdan que <u>el campo eléctrico lo podemos calcular en cualquier punto</u> (señala el punto P) <u>independientemente de que halla o no una carga de prueba en el punto.</u></p> <p><u>..si ¿verdad?... ¿lo recuerdan?...</u> bueno vamos a hacerlo acá. (escribe la ecuación)</p> <p>que es igual a la carga neta encerrada (al terminar de copiar va a la esquina cerca del dibujo, mirando a los estudiantes) (pausa)</p>	
<p>[E07_P] (9:08:10) ¡créanme lo siguiente! ... (escribe en silencio la segunda línea, con la ecuación sin vectores)</p> <p>hay una gran diferencia entre escribirlo así (señala) o escribirlo así (señala la otra expresión)</p> <p>... aquí ya he desarrollado <u>el producto punto entre estos dos vectores</u> (señala la primera expresión) ...</p> <p>fíjate (señala la segunda expresión y se queda así) que no aparece el coseno de ningún ángulo por ahí...porque</p> <p>¿es el coseno, de cuánto? ... ¿de cuántos grados? (responden “cero grados”) de cero grados... y tenemos eso que está ahí...</p>	<p>(diferencia la expresión de la integral, con/sin notación vectorial).</p> <p>se dirige a la pizarra y copia sin línea) (pausa)</p>  <p>(señala la segunda expresión y luego la primera expresión) y repite, señala cada ecuación, con y sin la notación vectorial, y se queda apuntando así para formular la pregunta. Pregunta y respuesta de los estudiantes para confirmar.</p>
<p>la carga neta</p> <p>(señala la variable carga de la ecuación),</p> <p>es la que tengo aquí (señala la carga dibujada). encerrada, ¿cierto?... </p> <p>ahora fíjense lo siguiente... (copia la expresión con el campo “E” fuera de la integral)</p> <p>paso por paso...v esto es (se gira al alumnado y aumenta la entonación) por el hecho de que he escogido una superficie gaussiana okey?</p>	

Fuente: Elaboración propia

Pere señala la segunda expresión y luego la primera expresión, y repite. Señala cada ecuación, con y sin la notación vectorial, y se queda apuntando así para formular la pregunta. Pregunta y respuesta de los estudiantes para confirmar.

“Porque ¿es el coseno, de cuánto? ... ¿de cuántos grados?”. Estudiantes: “cero grados!”

“de cero grados... y tenemos eso que está ahí – vuelve a señalar las dos expresiones”. “la carga neta es la que tengo aquí encerrada, ¿cierto?”, señala la variable carga de la ecuación en el dibujo,

“ahora fíjense lo siguiente paso por paso, y **esto es** por el hecho de que he escogido una superficie gaussiana ¿okey?”

Pere ha copiado la expresión con el campo “E” fuera de la integral, y aunque no lo dice verbalmente, lo justifica; cuando queda implícito al decir “y **esto es...**” que se refiere a colocar la variable campo fuera de la integral. Aquí relaciona a la “superficie gaussiana” con la facilidad en que queda resuelta la integral, pero no lo verbaliza; sólo escribe “ $\Rightarrow E \int$ ”.

Pere trabaja dejando espacios verbales en blanco a propósito, para que el estudiante los complete, y avanza cada pausa con la confirmación del *feedback* de sus estudiantes. Ese “¿okey?” final, parece que no da la respuesta.

7.3.5 Cierre del ejemplo. Representación del sistema imaginario: el cubo.

Después de que Pere explica el comportamiento del campo eléctrico de una carga puntual con el vector área en cada punto de una superficie esférica, en los episodios anteriores, deja en el aire el concepto de superficie gaussiana, y la implícita “facilidad” de resolución de la integral que deja entrever el profesor, pero que no queda muy claro.

En la tabla 7.21, distribuida en cuatro filas de imágenes y textos, se presentan los episodios E08_P y E09_P, donde Pere inicia una dinámica creando diferencias, recreando un escenario imaginario en el aula, ¿qué sucedería si escojo otro tipo de superficie cerrada para la integral?, e inicia:

“Si yo escojo una superficie que no sea gaussiana. “Por ejemplo. una superficie que no es gaussiana pero que sigue siendo cerrada es el cubo...

“pero creo que voy a tener un buen rollo cuando vaya a calcular el flujo... no va a ser tan fácil... obtener una expresión como esta - señala la ecuación.

Pere utilizando un lenguaje juvenil cotidiano “voy a tener un buen rollo” expresa la dificultad que se le presentaría para resolver la integral, Se imaginan el cubo, ¿no?”

En la segunda fila de la tabla 7.21 se muestra como Pere recrea un sistema imaginario dentro del aula: el cubo, y lo representa con los brazos mientras habla.

“imagínense que aquí tenemos, en el centro del salón, una carga” – se desplaza buscando el centro del aula, y señalando. “imagínense las líneas de campo eléctrico que tiene esa carga, seguramente, fíjate en cualquier lado de este salón, bien sea el piso, bien sea el techo o las paredes”

Pere con los brazos extendidos apunta con los índices como si fueran vectores, arriba alrededor del techo, mueve los brazos hacia las esquinas con los índices señalando a su alrededor.

Pere, señala todo el tiempo con los brazos y el índice en cada zona, mientras desarrolla el imaginario de los estudiantes con el cubo y las líneas de campo de la carga eléctrica “el ángulo que forma el campo eléctrico en aquel extremo no es el mismo que forma en esta parte de arriba, ¿cierto? ... el ángulo que forma el diferencial de área con el campo eléctrico...ni tampoco con el que formaría en este punto de la pared cierto?”

Pere, introduce la premisa de análisis que hace la diferencia, “el ángulo que forma el campo con el diferencial de área varía para la superficie de un cubo”. Su objetivo es crear el ambiente para reflexionar en la correcta selección de la superficie cerrada gaussiana, el análisis de la simetría con el campo a través la visualización de las líneas de campo eléctrico y las relaciones entre los dos vectores: área y campo eléctrico en varios puntos de la superficie.

Pere recrea un cubo formado por las paredes del aula, para pensar cual superficie gaussiana seleccionar, creando diferencias entre vectores superficie y campo eléctrico. Usa la representación de un sistema imaginario, donde sus brazos representan líneas de campo hacia diferentes direcciones y pregunta por el vector superficie comparando y verificando con los estudiantes.

“allí va a estar variando el ángulo que se forma entre el diferencial de área y el campo eléctrico, va a estar variando...ehh..” - señala uniendo los índices al frente, y cierra con la idea principal – “eso no es una buena selección de la superficie gaussiana”.

Pere dinamiza con su gestualidad y desplazamiento, para provocar la interacción con los estudiantes acerca de cómo es el vector de la superficie en diferentes puntos de las paredes en comparación con el vector del campo eléctrico utilizando como soporte las líneas del campo, hasta que finalmente llegan a que una superficie cúbica no es una buena opción como superficie gaussiana. Pere realiza la verificación de la comprensión de los estudiantes y promueve la comunión de la audiencia.

En la cuarta fila de la tabla 7.21, episodio E09_P, Pere se dirige a la pizarra señalando la ecuación que está resolviendo “este camino para encontrar el resultado es más corto por haber escogido bien a la superficie gaussiana ... (pausa) “el otro hecho, que pareciera insignificante es este (señala)... pareciera insignificante, lo he sacado de la integral porque es un campo eléctrico que no es más intenso en esta parte de abajo que en la parte de arriba...en todo punto, aquí, acá, acá, acá (señala sobre la esfera de la pizarra) en cualquier punto tiene el mismo valor ... a una distancia r ”

Pere ahora si llega a, porqué al escribir, ha sacado a “ E ” de la integral, “El valor de E (E y su módulo en forma implícita) es el mismo a una misma distancia de la carga”.

En los episodios E10_P y E11_P presentados en la tabla 7.22, Pere termina la resolución del problema, ya fluye la interacción de los estudiantes con el profesor que va preguntando y; a medida que responden va resolviendo en la pizarra hasta llegar a la expresión final, enmarcándola con un cuadro usando color amarillo para darle presencia e indicar el final. A continuación, deja abierta las preguntas –“¿qué les parece?”- y espera el feedback que confirma que “es muy fácil” o quizás aburrido.

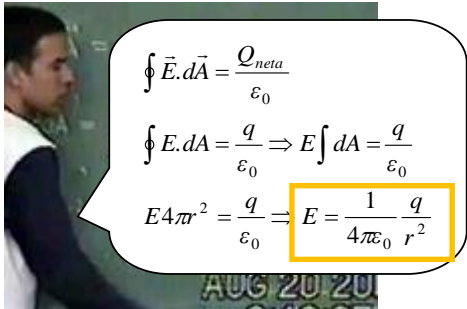
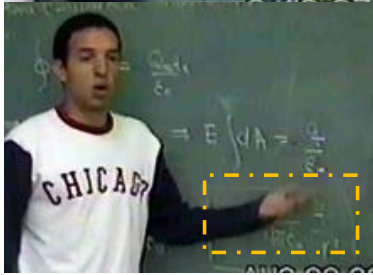
Tabla 7.21. Representación del campo eléctrico de una carga puntual. E08_P y E09_P.

<p>Clase 02 de Pere – ley de Gauss- carga puntual</p> <p>La utilidad de saber el comportamiento de las <i>líneas de campo</i> del sistema para la selección adecuada de la superficie gaussiana</p>
<p>(E08_P) (9:09:10) Si yo escojo una superficie que no sea gaussiana. Por ejemplo. una superficie que no es gaussiana pero que sigue siendo cerrada es el cubo... pero creo que voy a tener un buen rollo (<i>habla afirmando con la cabeza</i>) cuando vaya a calcular el flujo... no va a ser tan fácil... (<i>señala la ecuación</i>) obtener una expresión como esta ... Se imaginan el cubo, ¿no? se imaginan una de las caras del cubo... (<i>lo representa con los brazos mientras habla</i>)</p>
 <p>imagínense que aquí (se desplaza al centro a la derecha, buscando el centro del aula) tenemos en el centro del salón (<i>habla y se desplaza de la esquina hacia el centro, adelantando al escritorio y señalando con el brazo hacia el centro del salón</i>) tenemos una carga (abre los brazos), imagínense las líneas de campo eléctrico que tiene esa carga, seguramente (<i>apunta con los índices hacia arriba</i>) fíjate en cualquier lado de este salón, (<i>mueve brazos arriba con los índices señalando a su alrededor</i>) bien sea el piso, bien sea el techo o las paredes.(<i>señala</i>)...</p>
 <p>vas a ver que el ángulo que forma el campo eléctrico en aquel extremo (<i>señala arriba</i>) no es el mismo que forma en esta parte de (<i>señala a un lado</i>) arriba... cierto?... el ángulo que forma el diferencial de área con el campo eléctrico...ni tampoco con el que formaría en este punto de la pared (<i>señala</i>)...cierto?</p> <p>...entonces allí va a estar variando el ángulo que se forma entre el diferencial de área y el campo eléctrico (<i>señala uniendo los índices al frente</i>) va a estar variando...ehh.. eso no es una buena selección de la superficie gaussiana ... porque en la mayoría de sus puntos no es el mismo ángulo siempre</p>

<p>E09_P ... seguramente si lo haces por ahí... llegarás al mismo resultado, pero es mucho más elaborado que sacar esta cuenta (<i>se dirige hacia la pizarra señalando la ecuación</i>) este camino para encontrar el resultado es más corto por haber escogido bien a la superficie gaussiana ... (<i>señala</i>) (pausa)</p> <p>el otro hecho (<i>escribe y habla</i>) que pareciera insignificante es este (<i>señala</i>)... pareciera insignificante, lo he sacado de la integral porque es un campo eléctrico que no es más intenso en esta parte de abajo que en la parte de arriba...en todo punto, aquí, acá, acá, acá (<i>señala sobre la esfera de la pizarra</i>) en cualquier punto tiene el mismo valor ... a una distancia erre</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.22 Episodios E10_P y E11_P. Cierre del campo eléctrico de una carga puntual.

Realiza el cierre del desarrollo matemático y encuadra la solución obtenida. Superficie Gaussiana. Episodio E10_P, E11_P	
Descripción de la explicación.	Recurso: Pizarra escrito + dibujo+gestos
<p>E10_P <i>Resuelve matemáticamente en la pizarra</i></p> <p>Y ¿cuánto me da esa integral? ... (murmullos, responden, pero no se escucha claro)</p> <p>esa integral me da el área de la gaussiana y cuanto es esta superficie (señala la esfera) de radio r</p> <p>(se escuchan los alumnos “cuatro pi por erre cuadrado”)</p> <p>... cuatro pi por erre cuadrado ... finalmente... (escribe sin hablar)</p>	<p>Resuelve el desarrollo matemático hasta el final, junto con los estudiantes murmurando y comentando en señal a responder lo que está haciendo el profe en la pizarra.</p> 
<p>E11_P nos da uno sobre cuatro <i>pi</i> epsilon cero, q sobre erre cuadrado...</p> <p>(copia y enmarca el resultado)</p> <p>hemos obtenido la expresión que habíamos obtenido anteriormente con el campo eléctrico a través de la ley de coulomb debido a una carga puntual en un punto a una distancia erre...</p> <p>(oye murmullos de los muchachos) ...uno sobre cuatro pi epsilon sub cero es la constante eléctrica... ¿qué les parece?</p>	 <p>(copia el resultado en amarillo y lo encierra en un cuadrado)</p>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7.23, Se muestra el cierre de la clase, donde Pere reflexiona con los estudiantes, partiendo del supuesto que ellos piensan que la materia de Física, no les sirve de nada; y que mejor se lo tomen como un reto a ver si realmente aprendieron sus cursos de matemática:

- por ejemplo ¿saben integrar?, ¿saben resolver el producto punto entre dos vectores? ... ¿saben resolver el producto cruz entre dos vectores? ... son cosas sencillas ¿okey?... ¿me entienden? ...bueno...
- vamos a tomarnos un café y ya venimos...que hora es?

Tabla 7.23 Episodios E12_P y E13_P. Cierre de la clase.

Episodios E12_P y E13_P. Realiza el cierre de la clase: ¡tomen la física como un reto!	
Descripción de la explicación.	Recurso: Pizarra escrito + dibujo+gestos
<p>[E12_P] (9:12:35) <i>(se separa de la pizarra, se dirige hacia a delante)</i> ¿Que les parece?... nada emocionante ¿verdad? ... considerando que algunos de ustedes van a estudiar industrial y para nada les va a servir, o creen que para nada les va a servir esto... <i>(se sienta sobre el escritorio)</i> ... Seguramente muchas universidades del extranjero ya están dejando de dar los primeros cursos básicos de física ... seguramente porque tienen una educación media muy buena y eso lo cubre todo ...y aquí cuando llegan a la universidad ven una física más avanzada...</p>	
<p>9:13:00 pero también eso responde a otras necesidades y es que... hay mucha ramificación del conocimiento <i>(con los brazos a los lados sube y baja las manos)</i> ahora ya no se saca un ingeniero electricista, sino un ingeniero electricista mención telecomunicaciones</p>	
<p>...y seguramente en unos veinte años estaremos sacando un ingeniero electricista mención telecomunicaciones de las antenas parabólicas ... y en unos cincuenta años más un ingeniero electricista mención telecomunicaciones de las antenas parabólicas de forma cuadrada...entonces estamos ramificando el conocimiento, y las cosas más básicas las estamos echando a un lado... por las cosas más generales ...véanlo de esa manera</p>	
<p>[E13_P] (9:13:30) pero por otro lado...vamos a ver los cursos de Física uno y Física dos, como un reto para los estudiantes a ver si realmente aprendieron sus cursos de matemática ..por ejemplo ¿saben integrar?, ¿saben resolver el producto punto entre dos vectores? ... ¿saben resolver el producto cruz entre dos vectores? ... son cosas sencillas ¿okey?... ¿me entienden? ...bueno.. 9:14 vamos a tomarnos un café.. y ya venimos...que hora es? 09:15</p>	

Fuente: Elaboración propia

7.3.6 Aspectos didácticos de Pere en la explicación

La historia de Pere, se puede describir desde la dimensión didáctica aplicando las categorías de la dimensión 1, y para hacer más fácil la descripción de la explicación de Pere, se separó en seis partes según los momentos en la explicación.

- **Planteamiento del ejemplo, y definición de superficie gaussiana (SG).** [E01_P, E03_P]. Primera parte que abarca la presentación del enunciado y define superficie gaussiana, tabla 7.16.
- **La esfera como SG y la mímica “yo soy la carga”.** [E04_P, E05_P]. Pere inicia el análisis gráfico del sistema de estudio, desarrolla su significado espacial y promueve la interacción (tablas 7.17 a 7.19).
- **Desarrollo matemático** [E06_P, E07_P]. La resolución matemática conectando las variables con el análisis gráfico inicial, tabla 7.20.
- **El cubo como superficie gaussiana** [E08_P, E09_P]. Pere se regresa a la parte de análisis y genera un punto de conflicto cognitivo, “Si yo escojo una superficie que no sea gaussiana.”, tabla 7.21.
- **La formalización de la demostración** [E10_P, E11_P]. Representa el final del desarrollo matemático, donde aún se destaca la interacción con respuesta de los estudiantes ¿y cuánto me da esta integral? ¿y cuánto vale esta superficie? y la gestualidad. Tabla 7.22.
- **Cierre de la clase** [E12_P, E13_P]. Cerrando el ejercicio con la pregunta con respuesta ¿Qué les parece? Y luego comparte ideas, tabla 7.23.

De ellas, destaca la zona de mayor tensión en el intermedio [E08_P, E09_P]. A continuación, se presenta tabulado **la forma de intervención de Pere**. Se describe con la tabla 7.24 separadas según las categorías ya presentadas en la tabla 7.1.

7.3.6.1 *La retórica de la enseñanza.*

En la **primera parte** de la historia Pere utiliza la *anticipación usando títulos* cuando escribe el título con el enunciado del ejemplo en la pizarra y *presenta la estrategia que seguirá*: “vamos a utilizar la ley de Gauss para calcular el campo eléctrico de una carga puntual” (ver tabla 7.24a).

En la **segunda parte de la historia**, realiza *anticipaciones de contenido de forma gráfica o representacional*, primero lo indica verbalmente y luego lo dibuja: “vamos a dibujar las líneas de campo...”, “voy a pararme aquí...donde el vector de superficie es paralelo a...”, y luego utiliza la mímica de “yo soy la carga” como estrategia *de imagínate esto*. En la **tercera parte**, Pere utiliza la anticipación a la estrategia representa el enunciado y define superficie gaussiana (SG). Pere anticipa el contenido, cuando introduce la ley de Gauss al ejemplo: “vamos a valernos de la expresión (señalando la ley de Gauss) para calcular la intensidad de campo en...”

En la **cuarta parte** se observa una mayor participación de Pere con la forma retórica de intervención, *provocando la controversia* “si yo escojo una superficie que no sea gaussiana”, de *imagínate esto* “se imaginan el cubo...”, “a la carga en el centro del aula”, y en E09_P utiliza la estrategia *nada para explicar*, con el módulo del campo que ha sacado fuera de la integral y lo resalta “es un hecho que parece insignificante, pero ...” y lo aclara.

Ya en el cierre de la **quinta parte** Pere *comparte ideas*, en el episodio E13_P Pere comparte con ellos su pensamiento “¿Que les parece?... nada emocionante ¿verdad? ... considerando que algunos de ustedes ... creen que para nada les va a servir esto...”, donde intenta justificar la importancia de estudiar física en la carrera de ingeniería en un momento en que existe tanta especialización del conocimiento “y las cosas más básicas las estamos echando a un lado... por las cosas más generales ...véanlo de esa manera”, “por otro lado, vamos a ver los cursos de Física como un reto para los estudiantes a ver si realmente aprendieron sus cursos de matemática ..por ejemplo ¿saben integrar?, ¿saben resolver el producto punto entre dos vectores?... son cosas sencillas ¿okey?... ¿me entienden? ...bueno, vamos a tomarnos un café y ya venimos...”. Pere con esta intervención refuerza los lazos con la audiencia, manteniendo esa unidad de grupo, el cual está trabajando en conjunto con el propósito de formarse y aprobar la materia, para ser ingenieros. Algo que caracteriza al profesor Pere es el uso de la pausa, al inicio del tema, para esperarlos mientras copian o para recibir el feedback de los estudiantes; lo utiliza como un recurso para asegurar la adhesión de los estudiantes al desarrollo de la historia.

Tabla 7.24a - Formas de Intervención de Pere. La retórica de la enseñanza.

Superficie

gaussiana y flujo eléctrico

PERE: La retórica de la enseñanza. Cómo integra intelectualmente y emocionalmente, al estudiantado:			Episodios
¿Hacia dónde vamos? Guía al estudiante en el contexto de que trata, o cómo va la clase	Vamos juntos	Engagement. Implica al estudiante durante la explicación. Utiliza la pausa para asegurar que los estudiantes estén con él en el desarrollo de la historia. Al iniciar el tema, para esperarlos mientras copian o para recibir el feedback de los estudiantes	E01_P, E03_P, E05_P, E09_P
	Utilidad e importancia.	Presenta la estrategia que seguirá la explicación. vamos a utilizar la ley de Gauss para calcular el campo eléctrico de una carga puntual	E01_P
	La anticipación.	usando títulos, y esquemas Presenta como título el enunciado del ejemplo:	E01_P
		anticipaciones de contenido Vamos a dibujar las líneas de campo, acuérdate que son variables	E04_P
		anticipaciones de contenido entonces voy a pararme en algún lugar de esta superficie gaussiana ...digamos por ejemplo aquí.... ahí el vector de superficie es paralelo al campo eléctrico, seguramente si me paro por acá arriba	E04_P
		anticipaciones de contenido Vamos a valernos de aquella expresión para calcular la intensidad de campo eléctrico en este punto a una distancia “erre”	E06_P
¿Qué esperamos? Considera más las ideas del estudiante. Se generan tensiones	Provoca controversia/ diferencias	Imagínate esto La mímica, yo soy la carga.	E05_P
		Se imaginan el cubo, ¿no? se imaginan una de las caras del cubo... (lo representa con los brazos mientras habla)	
		El cubo, la carga en el centro del aula	E08_P
		Provoca controversia. ¿Qué sucede si ...? “Si yo escojo una superficie que no sea gaussiana”	E08_P
		¿Nada para explicar? Es hacer que algo que parece obvia se convierta en algo que necesita explicación. Pere al colocar el módulo del campo fuera de la integral, “el otro hecho que pareciera insignificante es este (señala), lo he sacado de la integral porque es un campo eléctrico que aquí, acá, acá, acá (señala sobre la esfera de la pizarra) a una distancia erre, tiene el mismo valor ”	E09_P
Pere. utiliza la pausa para asegurar que los estudiantes estén con él en el desarrollo de la historia. Al iniciar el tema, para esperarlos mientras copian o para recibir el feedback de los estudiantes			

Fuente: Elaboración propia

7.3.6.2 Destaca y refuerza los significados contruidos o que van contruyendo la historia.

El discurso verbal de Pere se caracteriza por su tono de voz grave, pausado y dirigido por lo general en segunda persona plural o singular, tu, imagínate, vamos; presenta buen orden en la escritura y realiza buenos dibujos en la pizarra; tiene como característica el uso de la pausa y su lenguaje cercano al estudiante. En la *selección de las ideas* principales, Pere las dice y luego lo dibuja, presentando junto con el dibujo a las variables del enunciado, por ejemplo, **en la primera parte** de la historia, E01_P cuando presenta a la carga positiva q , punto P, distancia r y en E03_P selecciona la SG como la esfera, la dibuja y lo coloca de forma escrita. En **la tercera y quinta parte**, durante las simplificaciones del desarrollo matemático, las señala y justifica verbalmente.

En la categoría de *solapa ideas*, en **la primera parte** introduce a la superficie gaussiana como un nuevo término en E02_P, y en **la segunda parte** relaciona esta nueva entidad con los conceptos previos, líneas de campo eléctrico y el diferencial de área.

Para *resaltar las ideas claves*, Pere agrega frases. Por ejemplo, en **la segunda parte** mientras dibuja: “vamos a dibujar las líneas de campo, acuérdate que son variables” y luego realiza la mímica, se queda con los brazos abiertos en cruz y resalta “esta es una superficie gaussiana ¿okey?”. En **la tercera parte**, al resolver el producto escalar y no colocar el coseno, para luego destacarlo “hay una gran diferencia al escribirlo así”, o al sacar el campo fuera de la integral y expresar “esto es por el hecho de que he escogido una superficie gaussiana”.

Retorna sobre ideas previas, en este caso sobre el concepto de campo eléctrico, cuando en la **tercera parte** indica, “se acuerdan que el campo eléctrico lo podemos calcular en cualquier punto independientemente de que halla o no una carga de prueba en el punto”.

Para *sondear significados*, utiliza muchas preguntas cortas tipo retóricas: ¿cierto?, ¿cierto o falso?, ¿okey? para mantener el desarrollo de la explicación. Utiliza preguntas tipo feedback: ¿lo recuerdan?, ¿lo pueden imaginar? usadas después de las representaciones o al cierre del ejemplo: ¿qué les parece? ¿me entienden? Utiliza preguntas de evaluación para verificar la comprensión del desarrollo matemático ¿es coseno de cuantos grados?, ¿y cuánto me da esa integral? ¿y cuánto vale esa superficie? observados en la tercera, y quinta parte

Tabla 7.24b - Formas de intervención de Pere. Destaca, ordena y refuerza significados. Superficie gaussiana y flujo eléctrico

2.. Destaca, ordena y refuerza los significados construidos en el desarrollo de la historia			Episodios
¿Cómo organiza la clase?	Selecciona ideas,	Las ideas principales las dice o dibuja. Las resalta verbalmente sobre en el desarrollo de la ecuación.	E01_P, E03_P, E06, E10
	Solapa ideas	Introduce un nuevo concepto: superficie gaussiana.SG	E02_P
		Relaciona SG con LCE y el diferencial de área. “cualquiera de estas LCE, en cualquier punto de la SG son paralelas al diferencial de área”, y lo repite	E05_P
	Resalta ideas claves	Vamos a dibujar las líneas de campo, acuérdate que son variables	E04_P
		Al finalizar, la definición, la representación gráfica y gestual, quedándose en pausa con los brazos abiertos, agrega: “esta es una superficie gaussiana ¿okey?”.	E05_P
		Al resolver el producto escalar y no colocar el coseno del ángulo: ¡créanme lo siguiente! ... (escribe en silencio la segunda línea, con la ecuación sin vectores) hay una gran diferencia entre escribirlo así (señala) o escribirlo así (señala la expresión original del flujo)	E07_P
		Al sacar el campo fuera de la integral, resalta: “y esto es (se gira al alumnado y aumenta la entonación) por el hecho de que he escogido una superficie gaussiana okey?	E07_P
¿Cómo verifica la comprensión de la audiencia?	Sondea significados en los estudiantes.	Pregunta su comprensión sobre lo representado, si lo visualizan ¿cierto?, ¿cierto o falso?, ¿lo pueden imaginar? (pausa) ¿tienen un poquito de abstracción?	E05_P ,
		Utiliza la pregunta-respuesta PR cuando está resolviendo la expresión matemática	E07_P
		Imagínense un cubo, ... ¿lo pueden ver?	E08_P
		Y ¿cuánto me da esa integral?	E10_P
		¿Qué les parece?	E12_P
	Retorna sobre las ideas.	se acuerdan que el campo eléctrico lo podemos calcular en cualquier punto (señala el punto P) independientemente de que halla o no una carga de prueba en el punto.	E06_P
	Comparte ideas	“pero por otro lado...vamos a ver los cursos de Física uno y Física dos, como un reto para los estudiantes a ver si realmente aprendieron sus cursos de matemática, por ejemplo ¿saben integrar?, ¿saben resolver el producto punto entre dos vectores? ... ¿saben resolver el producto cruz entre dos vectores? son cosas sencillas ¿okey?... ¿me entienden? ...bueno, vamos a tomarnos un café... y ya venimos...que hora es?	E13_P
	<p><i>Pere con su hacer, establece la importancia de: a) un buen dibujo donde se representa el enunciado del problema, sus variables y la relación entre ellas b) relacionar estas variables con la expresión matemática y su resolución. Utiliza la pregunta retórica y de feedback durante el desarrollo de la historia y la pregunta de evaluación para confirmar la parte matemática</i></p>		

Fuente: Elaboración propia

7.3.6.3 *Elaboración de entidades.*

Pere en la primera parte elabora la entidad Superficie gaussiana y *describe las partes*, E02_P, La *construye gradualmente desde su definición*, y queda implícita que es una superficie cerrada porque ya lo había asignado anteriormente a la integral de Gauss, desarrolla la visualización de otras variables conocidas sobre esta entidad (E05_P), introduce conflicto cognitivo en E08, para que observen las diferencias en la selección de la superficie gaussiana y relaciona el análisis gráfico de la entidad con la carga encerrada y la solución matemática de la ley de Gauss.

Lo *nuevo a partir de lo antiguo*, con la interacción con premisas conocidas, en E05_P la superficie gaussiana se construye haciendo relaciones con otras conocidas: las líneas de campo LCE, diferencial área, vector área, campo eléctrico, ángulo entre ellos. Lo *nuevo a partir de lo por venir*, Pere en E09_P coloca en discusión la selección de la superficie gaussiana, las condiciones que debe cumplir y cómo afectará más adelante, para la resolución de la ecuación.

Pere *materializa la entidad superficie gaussiana* utilizando tres recursos:

- *A través de un dibujo*, en la **primera parte de la historia** en E03_P y lo destaca escribiéndole al lado su nombre. La **segunda parte** presenta la relación con el vector área por medio del dibujo de las LCE de la carga eléctrica, y la selección de puntos sobre la esfera para dibujar el diferencial de área, y sobre este colocar el vector área con su nombre. Esto exige un nivel de visualización espacial en el estudiante para su comprensión, “entonces voy a pararme en algún lugar de esta superficie gaussiana, digamos por ejemplo aquí. Ahí el vector de superficie es paralelo al campo eléctrico, seguramente si me paro por acá arriba...” dándole una materialidad y dimensiones, al entenderse: yo me coloco allí en ese punto, como si fuese un sitio real.
- *A través de una representación del imaginario usando la gestualidad sobre el dibujo de la pizarra RIGD*. En la **segunda parte**, en E05_P, colocado frente a la esfera dibujada, representa las líneas de campo con un gesto narrativo: con las manos en el centro de la carga, extiende los brazos horizontalmente como si fueran dos líneas de campo. Luego, mirando al estudiantado realiza la representación mímica de “yo soy la carga, y mis brazos las LCE”, interactuando con los estudiantes y provocando la discusión entre ellos, y al final con los brazos abiertos en cruz agrega: “pero cualquiera de estas líneas de campo eléctrico, en cualquier punto de la superficie gaussiana son paralelas al diferencial de área” y continua así, con los brazos abiertos esperando el *feedback*.

Tabla 7.24c - Formas de intervención de Pere. Elabora entidades. Superficie gaussiana y flujo eléctrico

3. Elabora Entidades. Cómo construye o refuerza las entidades, que intervienen en la historia explicativa			Episodios
¿Qué entidades elabora y cómo las define?	Lo nuevo a partir de lo antiguo.	Interacción con premisas conocidas. La superficie gaussiana se construye haciendo relaciones con otras conocidas: las líneas de campo LCE, diferencial área, vector área, campo eléctrico, ángulo entre ellos.	E05_P
	Lo nuevo con lo por venir.	Interacciona la selección de la superficie gaussiana y cómo afecta luego a la resolución de la ecuación	E09_P
	se construye gradualmente	Elabora la entidad SG con su definición.	E02_P
		Es Implícito que la SG es una superficie cerrada, uniendo con la anterior definición de la integral de superficie para ley de Gauss	
		debe cumplir ciertas condiciones	E02_P
		Desarrolla primero la visualización de las variables sobre la superficie gaussiana.	E05_P
		Introduce conflicto, para que observen las diferencias en la selección de la superficie gaussiana	E08_P
	Describe las partes	Relaciona el análisis gráfico con la carga encerrada y la solución matemática de la ley de Gauss.	E07_P, E09_P
		esa superficie gaussiana por llamarse así, en la mayoría de sus puntos el ángulo entre el vector área, o el pequeño diferencial de área, y el campo eléctrico; vamos a intentar de que sea en el mismo en la mayoría,	E02_P
¿Cómo crea la imagen?	Materializa la entidad	Presenta la superficie gaussiana por medio de un dibujo	E03_P
		Presenta la relación con el vector área por medio del dibujo	E04_P
		Presenta la interacción SG líneas de campo con la representación gestual con los brazos como LCE, sobre el dibujo en la pizarra-Mímica	E04_P
		Presenta la superficie gaussiana como el cubo, recreado imaginariamente con una carga en el centro del aula , para desecharlo como SG según condiciones a cumplir	E08_P
En la explicación de Pere, construye la entidad: superficie gaussiana (SG) y su relación con el comportamiento entre líneas de campo, campo eléctrico y ángulo formado por el vector área. Utilizando la dramatización con los gestos y la pausa, la personificación de él como la carga puntual realizando una mímica con las LCE, y finalmente incluyendo al estudiantado en una representación del aula como un cubo con una carga eléctrica en su centro, y líneas de campo que salen de ella.			

Fuente: Elaboración propia

- A través de una representación con objetos e imaginario gestual ROIG con desplazamiento. Materializa la entidad negada de la superficie gaussiana, para resaltar las condiciones que debe cumplir para poder ser una superficie gaussiana. En la **cuarta parte**, en E08_P, Pere presenta la superficie gaussiana como el cubo, formado por el

aula de clases. Pere que estaba en la parte matemática, se regresa al análisis y genera un punto de conflicto cognitivo: “Si yo escojo una superficie que no sea gaussiana.”, “Se imaginan el cubo, ¿no? se imaginan una de las caras del cubo... (lo representa con un gesto narrativo, dibujando con un cubo en el aire mientras habla)” Pere luego, inicia una dinámica de representación, desplazándose al centro y cerca de los estudiantes: “imagínense que tenemos en el centro del salón una carga, (señalando con el brazo hacia el centro del salón), imagínense las líneas de campo eléctrico que tiene esa carga (abre los brazos, los mueve apunta con los índices hacia arriba), fíjate en cualquier lado de este salón, (mueve brazos arriba con los índices señalando a su alrededor) bien sea el piso, bien sea el techo o las paredes.(señala)” continua “vas a ver que el ángulo que forma el campo eléctrico en aquel extremo (señala arriba) no es el mismo que forma en esta parte de (señala a un lado) arriba... ¿cierto?... el ángulo que forma el diferencial de área con el campo eléctrico...ni tampoco con el que formaría en este punto de la pared (señala) ¿cierto?”. Para resaltar la relación entre los vectores: “entonces allí va a estar variando el ángulo que se forma entre el diferencial de área y el campo eléctrico (señala uniendo los índices al frente) va a estar variando...ehh.. eso no es una buena selección de la superficie gaussiana ... porque en la mayoría de sus puntos no siempre es el mismo ángulo”.

7.3.6.4 *Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión.*

En la explicación de Pere se observa, que promueve aptitudes propias de las ciencias técnicas. Utiliza estrategias para *desarrollar la visión espacial* destacando en la parte de análisis. En la **primera parte** cuando: dibuja el sistema para presentar las variables del enunciado (E01_P), cuando materializa la superficie gaussiana, las líneas de campo y el diferencial de área con su vector al dibujarlo, resaltarlos con colores y señalarlos (E03_P). En la **segunda parte** cuando se coloca sobre el dibujo para representar las líneas de campo que salen radiales (E05_P). En la **cuarta parte** cuando representa un escenario imaginario, con una carga en el centro del aula y pregunta ¿se imaginan el cubo, las líneas de campo...? (E08_P).

Desarrolla valores en la formalidad de la nomenclatura, en el escrito y en el gráfico. Se observa al inicio y en las partes de desarrollo matemático. En la **primera parte** al escribir el enunciado como título, acompaña al nombre del campo, su *notación vectorial* con su flecha arriba, e igual lo hace en el dibujo con el vector posición (E01_P). Se observa que la redundancia descriptiva es importante para comunicarse, cuando realiza el dibujo de la esfera

que es espacial, pero la pizarra la limita a un círculo, le escribe “su nombre descriptivo” al lado, para evitar confusión con un círculo o una línea (E03_P).

Tabla 7.24d -Formas de intervención de Pere. Promueve aptitudes y habilidades de la profesión.

Superficie gaussiana y flujo eléctrico.

4. Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión. Integra al estudiante en la forma de comunicarse dentro de su nueva comunidad intelectual.			Episodios
En la expresión matemática	Nomenclatura matemática vectorial	Importancia a la Notación vectorial E vector, al escribir el enunciado como título, lo acompaña de la nomenclatura vectorial.	E01_P
		Respeto la escritura vectorial y la diferencia cuando se trata del módulo del vector	E06_P E07_P
		Utiliza la representación vectorial con su nomenclatura. No solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito.	E07_P
	Desarrolla capacidades matemáticas	Se expresa de forma matemática.	
		Realiza la resolución matemática hasta el final y remarca la respuesta.	E11_P
En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación	Desarrolla la visión espacial	Presenta las variables del enunciado, dibujando el sistema	E01_P
		Materializa la entidad SG con el dibujo	E03_P
		Materializa las LCE con el dibujo	E03_P
		Materializa el diferencial de área sobre la SG con el dibujo	E03_P
		Materializa el diferencial de área, con su vector área, y el ángulo que forma con la LCE con el dibujo (es complejo de visualizar)	E03_P
		Materializa las líneas de campo que salen radiales en el espacio con la mímica sobre el dibujo	E05_P
		Se imaginan el cubo, ¿no? se imaginan una de las caras del cubo... (lo representa con los brazos mientras habla)	E08_P
	Nomenclatura en el gráfico. Uso de la expresión simbólica, gráfico y vectorial	Importancia de colocar nombre al vector, con su flecha arriba, sobre el dibujo. Por ejemplo, el vector posición r al dibujarlo.	E01_P
		Trabaja con la imagen y con la ecuación. Pere va señalando relaciones de las variables de la ecuación, con ayuda del sistema dibujado.	E06_P, E07_P
		La redundancia descriptiva es importante. Al realizar el dibujo si es espacial, le escribe “su nombre descriptivo” al lado. Ej. la esfera, la dibuja y lo coloca de forma escrita, para evitar confusión con un círculo o una línea...	E03_P
	Desarrolla esquemas coherentes de análisis	A través de la explicación y el desarrollo del dibujo que acompaña a la explicación, se le da coherencia a los análisis	
		Establece la necesidad de la representación del sistema, dibujando las variables que intervienen y que fundamentaran la resolución de la expresión matemática a utilizar, que justifica lo escrito. Ambos con el uso de la nomenclatura descriptiva correspondiente para todos los elementos que interactúan en dicho sistema.	E06_P
		Interactúa gestualmente para la visualización de los vectores, la superficie, el ángulo, y puedan hacer las conexiones grafico-matemático	E06_P, E07_P, E10_P

Fuente: Elaboración propia

En la **tercera parte** de desarrollo matemático, se observa que *respeto la escritura vectorial y la diferencia cuando se trata del módulo del vector* (E06_P y E07_P), utiliza la representación vectorial con su nomenclatura. No solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito (E07_P). En la **quinta parte** *el valor de resaltar el resultado*, observado en E11_P al realizar la resolución matemática, encierra en un recuadro la respuesta final.

Para Pere es importante y lo comunica en su hacer, la representación del sistema, la redundancia descriptiva para comunicarse, el uso de la notación vectorial, la escritura matemática y la diferencia cuando se trata del módulo del vector, no solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito y el valor de resaltar el resultado.

Desarrolla esquemas coherentes de análisis, se destaca esta estrategia en la **tercera parte de la historia**, para hacer el enlace del análisis inicial con la expresión matemática a utilizar, a través de la explicación y el desarrollo del dibujo que acompaña a la explicación, Pere va dando coherencia a la interrelación de las variables y que son necesarias para el desarrollo matemático que inicia en E06_P. Luego de realizar la conexión con los elementos descritos, Pere se dirige a explicar la variable carga en el otro lado de la igualdad, para completar la expresión: “la carga neta (señala la variable carga de la ecuación), es la que tengo aquí (señala la carga dibujada). encerrada, ¿cierto? “Continúa la resolución en la siguiente línea: “Ahora fíjense lo siguiente... (copia la expresión con el campo “E” fuera de la integral) paso por paso...y esto es (se gira al alumnado y aumenta la entonación) por el hecho de que he escogido una superficie gaussiana okay?”. Establece la necesidad de la representación del sistema, dibujando las variables que intervienen y que fundamentaran la resolución de la expresión matemática a utilizar, que justifica lo escrito. Ambos con el uso de la nomenclatura descriptiva correspondiente para todos los elementos que interactúan en dicho sistema. En el episodio E09_P, justifica porque no es superficie gaussiana, “seguramente si lo haces por ahí... llegaras al mismo resultado, pero es mucho más elaborado que sacar esta cuenta (se dirige hacia la pizarra señalando la ecuación) este camino para encontrar el resultado es más corto por haber escogido bien a la superficie gaussiana ... (señala) (pausa)”. En la **quinta parte** Pere continúa con la resolución matemática, el cierre del ejemplo y el cierre de la clase. En los episodios E10_P y E11_P son de resolución matemática, que ya fluye, se escucha a los estudiantes participando, al terminar se separa de la pizarra y les pregunta: ¿qué les parece?

Desarrolla capacidades matemáticas y matemáticas-gráficas. Pere trabaja a la vez, con la imagen y la ecuación, se observan en la **tercera y quinta parte** de la historia. Pere en la

tercera parte inicia la resolución matemática, conectando las variables con el análisis gráfico inicial. en E06_P, Pere se dirige a realizar la conexión entre los elementos descritos y la expresión matemática, y crea un punto de interés en E07_P, cuando expresa “¡créanme lo siguiente! ... (*escribe en silencio la segunda línea, con la ecuación sin vectores*) hay una gran diferencia entre escribirlo así (*señala*) o escribirlo así (*señala la otra expresión*)” refiriéndose a la ecuación del flujo, con el producto escalar, o expresada utilizando módulo de los vectores. Y lo explica verbalmente, “aquí ya he desarrollado el producto punto entre estos dos vectores (*señala la expresión del flujo en la ley de Gauss escrita*), fíjate (*señala*) que no aparece el coseno de ningún ángulo por ahí...porque ¿es el coseno, de cuánto? ... ¿de cuántos grados? (*responden “cero grados”*) de cero grados... y tenemos eso que está ahí”. Pere va señalando relaciones de las variables de la ecuación, con ayuda del sistema dibujado (E06_P, E07_P). Se observa su expresión verbal de forma matemática, e interactúa gestualmente para la visualización de los vectores, la superficie, el ángulo, y puedan hacer las conexiones gráfico-matemático (E06_P, E07_P, E10_P).

7.3.7 Aspectos multimodales de Pere en la explicación.

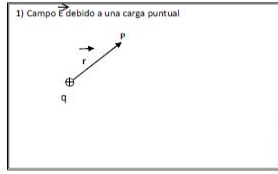
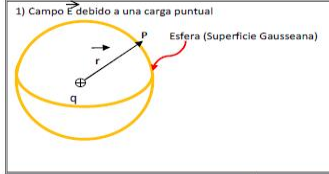
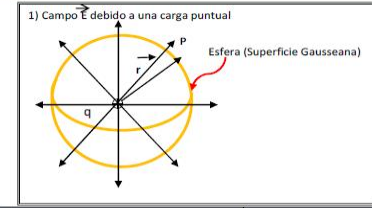
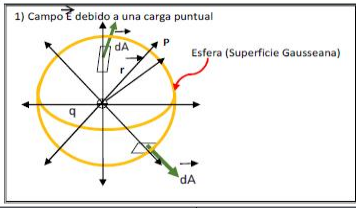

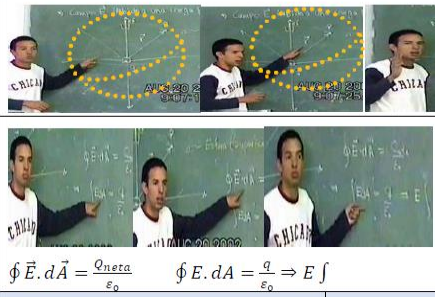
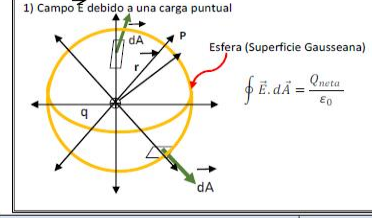
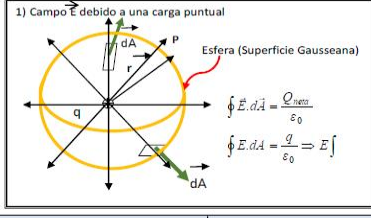
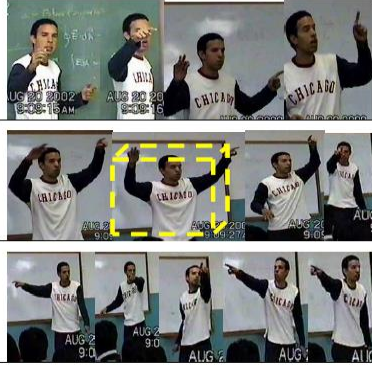
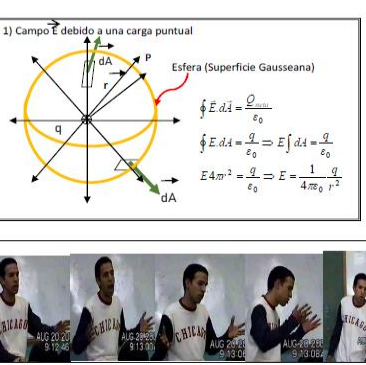
La historia de Pere, analizada desde la dimensión 3, focaliza la atención en la acción multimodal presentados en forma de tablas para organizar lo observado. Quedando este apartado organizado de la siguiente manera: a) la *puesta en escena*, subclasificada según los escenarios, corresponde a la historia de forma muda, colocando en secuencia las imágenes que identifican las acciones destacadas durante la construcción de la historia explicativa; b) la historia descrita desde los modos comunicativos, c) los *modos comunicativos*, donde se representan las subcategorías de la dimensión multimodal, aplicando las categorías de modos comunicativos a las tablas de análisis de las secciones anteriores.

7.3.7.1 La puesta en escena de Pere en la historia.

La puesta en escena resume de forma visual, la acción del profesor a lo largo de la explicación, las cuales se presentan en las tablas 7.25; formadas con las imágenes ordenadas de forma cronológica de izquierda a derecha. Cada imagen está identificada con: un código que resume la acción y con el episodio donde se ubica.

Tabla 7.25. Desarrollo de la Pizarra y gestualidad en el segmento [E01_P-E12_P].

Ejemplo_ Determinar el campo generado por una carga puntual.

<p>DD-1 y GC-2: Título con E vector, vector posición \vec{r}, carga puntual positiva, punto P [E01_P]</p> 	<p>DD-2: Esfera Superficie gaussiana [E03_P]</p> 
<p>DD-3 dibuja LCE [E04_P]</p> 	<p>DD-4 dibuja diferenciales de área sobre la esfera (rectángulos) y su vector área [E04_P]</p> 
<p>Mímica Yo soy la carga [E05_P]</p> 	<p>EM [E06_P]</p> 
<p>DD-5 EM-1 [E06_P]</p> 	<p>DD-6 EM-2 y esto es por el hecho de escoger una superficie gaussiana [E07_P]</p> 
<p>GNcubo-ROIG: La carga y el aula [E08_P]</p> 	<p>EM-3 [E10_P], [E12_P]</p> 

Fuente: Elaboración propia

7.3.7.2 *Modos comunicativos utilizados por Pere.*

En esta sección se describe lo observado desde la organización de la puesta en escena, realizada para Pere; tomando en cuenta las características sobre el trabajo en la pizarra, la gestualidad y la representación mímica de la tabla 7.25, que queda formalmente descrito con el *tablero modal* en función de los modos comunicativos, presentado en la tabla 7.26.

La interacción de Pere con su entorno, para construir significados para los estudiantes en este segmento explicativo, se resume en la tabla 7.25 formada de cinco filas de imágenes de la clase, cada una identificada con el episodio y la acción en ese momento. En la primera fila se muestra la primera parte con dos imágenes: en E01_P se presenta cuando Pere escribe el enunciado y lo dibuja (DD-1), el gesto conceptual (GC) para indicar que el vector campo y el vector área estén paralelos; y en E03_P cuando presenta a la superficie gaussiana (DD-2), se destaca la calidad y gran tamaño del dibujo y la claridad del profesor al dejar escrito: la descripción del enunciado, las variables título y en el círculo señalarlo como la superficie gaussiana y su forma esfera.

En la segunda fila, se encuentran las imágenes de la segunda parte E04_P soportado en el dibujo para presentar y dar características espaciales, a las líneas de campo (DD-3), y luego en (DD-4) cuando presenta al diferencial de área, en dos puntos diferentes, como rectángulos sobre la esfera y dibuja para cada uno su vector área. En la tercera fila se muestra la imagen de modo comunicativo que representa al episodio E05_P, cuando el profesor le da materialidad a la carga ubicándose frente al dibujo de espaldas a los estudiantes y con un gesto narrativo, las manos ubicadas en la carga dibujada, hace un barrido con los brazos hacia afuera horizontal, para destacar que las líneas salen de la carga eléctrica, y luego realiza la mímica “yo soy la carga y mis brazos las líneas de campo”, ubicado de frente a los estudiantes sobre la carga dibujada, mueve los brazos como si fuesen las líneas de campo de la carga que salen radiales en el espacio fuera de la pizarra, hasta quedar en un punto con los brazos abiertos en pausa “¿lo pueden imaginar?”.

En la tercera fila y cuarta fila se resume en modos la tercera parte. En E06_P se muestra la gestualidad y cómo el profesor trabaja señalando sobre el dibujo las variables líneas de campo, vector área y ángulo, resaltando relaciones para crear el enlace con la expresión matemática del flujo eléctrico y desarrollarlo matemáticamente en la pizarra (EM-1, EM-2).

En la quinta fila se presenta la cuarta parte de la explicación “y si yo hubiese escogido otra superficie” en E08_P cuando hace uso de su gestualidad y desplazamiento para describir y representar, una carga en el centro del aula encerrada en el cubo de las paredes, suelo y techo del aula y luego hacer que imaginen las líneas de campo y el vector área en varios puntos. Pere hace uso de la gestualidad narrativa (GNcubo) cuando dibuja un cubo en el aire, y luego de la representación con objetos y gestualidad (ROIG).

7.3.7.3 *Resultados de la construcción de la historia de Pere*

En este apartado 7.3 se ha descrito la explicación de Pere, realizando un ejemplo con el propósito de aplicar la visión científica, donde se destaca la construcción de la entidad “superficie gaussiana” (SG), la interacción de las líneas de campo con otras entidades como el vector área y la importancia de las entidades: líneas de campo, campo eléctrico y vector área para la selección de la superficie gaussiana. Se observa la multimodalidad de la acción para construir los significados. Pere es de hablar pausado, organizado en la pizarra y realiza dibujos de gran tamaño, bien trazados, en la pizarra, se observa el uso de la pausa a lo largo de la explicación. En este segmento, se destaca el trabajo que realiza para recrear en los estudiantes una imagen tangible de la esfera o el cubo, como superficies gaussianas.

El propósito de la explicación. Contextualizando, anterior a este segmento Pere ha presentado a la ley de Gauss y ha descrito que la superficie utilizada para el flujo es una superficie cerrada, a través de ejemplos cualitativos sin resolver matemáticamente la expresión de flujo y la ley de Gauss. Ahora Pere, presenta un ejemplo, para determinar la expresión del campo eléctrico generado por una carga puntual, y demostrar que se obtiene la expresión conocida por la ley de Coulomb. El propósito es guiar a los estudiantes en la representación del sistema de la carga eléctrica con sus líneas de campo eléctrico, dotar de sentido al vector área con respecto a el ángulo que forma con la línea de campo en un punto, elabora la entidad superficie gaussiana. Da soporte al estudiante para dar sentido, e internalizar, estos significados y que el estudiante comprenda lo importante de la selección de la SG. Presenta la entidad dentro de un sistema, y cómo interactúa la entidad con otras entidades o conceptos para luego llevarlos a la expresión de flujo y la ley de Gauss.

En la tabla 7.26 se muestra la tabla que formaliza las categorías de los modos comunicativos en la construcción de líneas de campo eléctrico y en la parte inferior se encuentra la leyenda.

Tabla 7.26. Multimodalidad en el Ejemplo: campo eléctrico de una cara puntual.

Modo Comunicativo		PERE: líneas de campo y Flujo eléctrico. Ejemplo: Campo eléctrico de una carga puntual												
Episodios 1min		Episodios [E01 al E13]												
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
Representación	ROIG								cubo					
	RIGD					mímica								
Dib.	DD													
Enlace	R→EM													
	D→EM													
	EM													
Escritura	ENombre													
	ESVect													
	ETítulo													
Gestual	GC													
	GN													
	GA				4x		2x	2x		2x				
	GF _{tono}													
P	pausa	•		•		••				•				
Pregunta	P-R							2x			2x			
	PF					3x								3x
	Pr						2x						2x	
V	Habla													
Episodios		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13

ROIG: Rep. con objeto imaginario, gestualidad y desplazamiento
RIGD: Recreación del imaginario sobre el dibujo
DD: desarrolla el dibujo
R→EM: enlaza representación con la expresión matemática
D→EM: enlaza dibujo con la expresión matemática

EM: escritura matemática en la pizarra
EN: nomenclatura
ES: simbología gráfica y vectorial en la pizarra
ET: título en la pizarra
GA: gesto apuntador
GC: gesto conceptual
GN: gesto narrativo
GF: gesto marcado al hablar

P: Pausa
Pr: Pregunta retórica, orienta la explicación
PF: Pregunta *feedback*, censa clima del aula
PG: Pregunta Guía que espera respuesta, utilizada para activar/integrar la audiencia
PR: Pregunta que espera y recibe respuesta
LCE: líneas de campo eléctrico
VA: vector área
SG superficie gaussiana

Fuente: Elaboración propia

7.3.8 La representación de la construcción de historia de Pere.

7.3.8.1 La gráfica de la trayectoria narrativa

La historia de Pere se muestra representada en la figura 7.3, donde se destacan las cinco partes de la historia con una línea vertical en negrita al inicio de cada parte (E04_P, E06_P, E08_P, E10_P), dentro del segmento de trece episodios. La primera parte con el dibujo inicial del ejemplo, la segunda sombreado en azul, con la representación de las líneas de campo y el diferencial y luego la mímica, la tercera con el cálculo del flujo, la cuarta “y si escojo una

superficie que no sea gaussiana” con el cubo, y la quinta con la resolución matemática iniciando con la pregunta ¿y cuánto me da la integral? Esta gráfica se complementa con la tabla 7.27 las cuales se recomienda utilizar para una mejor comprensión

En la gráfica se intenta destacar de una forma cualitativa, los momentos de conflicto cognitivo que a interpretación del investigador genera la explicación de Pere, junto con comentarios e iniciales que puedan describir la explicación, lo verbal y la multimodalidad de la actuación durante la explicación.

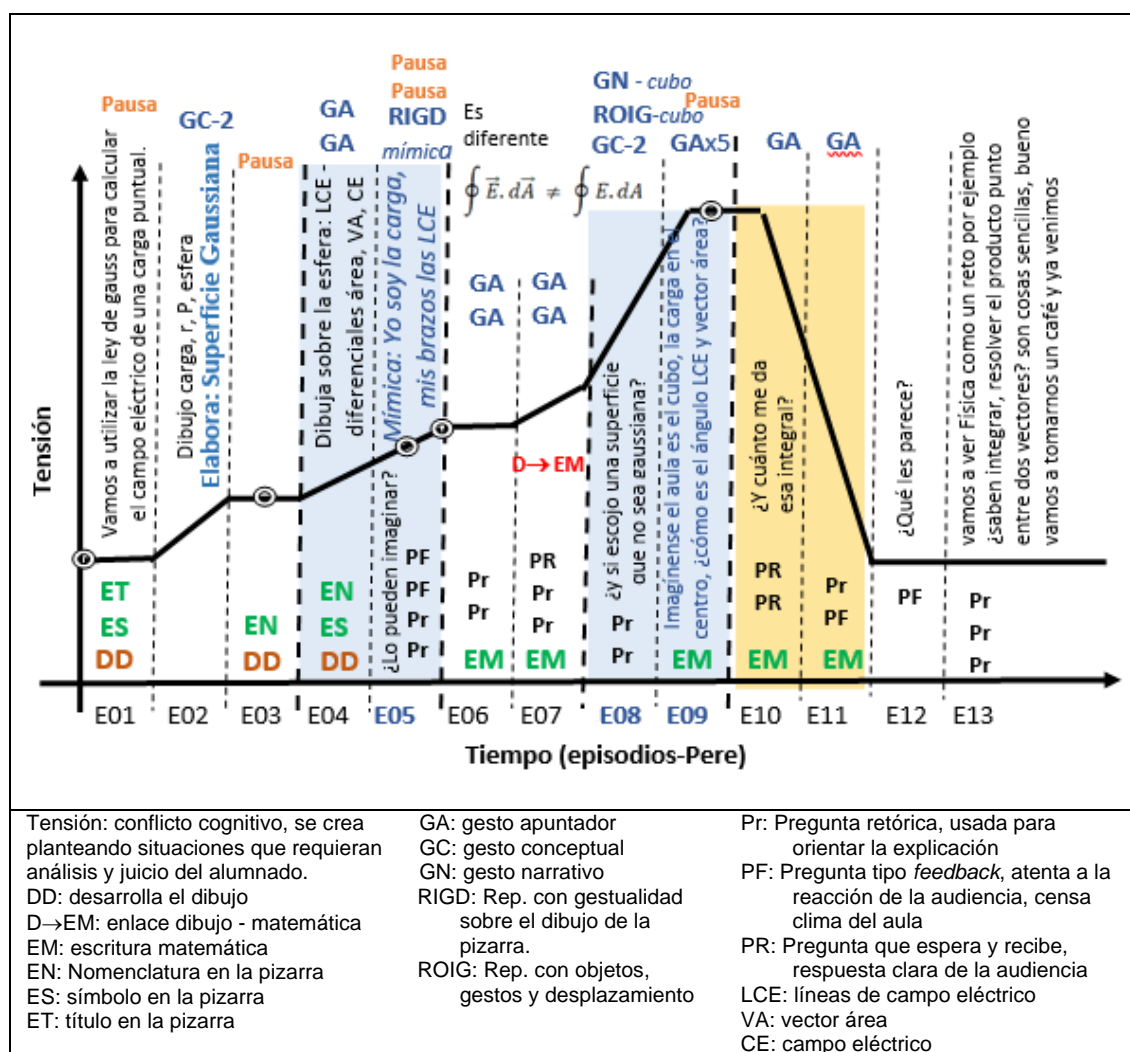


Figura 7.3. Gráfica narrativa multimodal de tensión en el tiempo. Episodios E01_P al E13_P
Elaboración de la entidad: Superficie Gaussiana.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.27 La generación/resolución de tensión en la historia de Pere.

Partes de la historia:	Cómo se censó la tensión	Como se resuelve la tensión
Primera parte Plantea el ejemplo y define SG. [E01_P, E03_P].	El <u>primer punto de tensión</u> ocurre en E02_P (tabla 7.14) cuando presenta por primera vez una entidad, la superficie gaussiana, que debe cumplir ciertas condiciones “en la mayoría de sus puntos el ángulo entre el vector área, (sin el estudiante conocer la superficie aun) y el campo eléctrico vamos a intentar que sea el mismo”.	En E03 <u>comienza a resolverse</u> cuando muestra <u>en un dibujo</u> a la entidad, que ayuda a visualizar el concepto de superficie a nivel del plano de la pizarra. Esto abarcaría la parte inicial de presentación del problema.
Segunda parte La esfera como SG y la mímica “yo soy la carga”. [E04_P, E05_P].	lo marca <u>un segundo punto de tensión</u> , cuando se presenta la dificultad de la visión tridimensional en la pizarra. En E04_P se dibuja en el plano de la pizarra (2D) el diferencial de área, y su correspondiente vector, de una esfera que es tridimensional (3D). <u>Esta tensión continua</u> ya que las representaciones tridimensionales exigen mayor visualización por parte del estudiante, y ahora en E05_P realiza una recreación del imaginario del estudiante, para que visualicen las líneas de campo saliendo de la pizarra, y la relación con el vector área.	<u>Y se resuelve esta parte</u> al final de E05_P, <u>con el uso de preguntas y la pausa</u> , cuando afirma y espera el feedback haciendo una pausa: “cualquiera de estas líneas de campo eléctrico, en cualquier punto de la superficie gaussiana son paralelas al diferencial de área, ¿cierto?, ¿sí o no? ¿cierto o falso? ¿lo pueden imaginar? Si no entienden les muestro unas más bonitas del libro (pausa)”.
Tercera Parte Desarrollo matemático [E06_P, E07_P].	En E06 Los estudiantes son más dados a las resoluciones matemáticas, sin embargo, en E07_P , <u>el profesor genera tensión</u> , cuando se salta una simplificación en la ecuación, para luego resaltarla: “Existe una gran diferencia entre escribirlo así o así” “fíjense lo siguiente” saca E de la integral “y esto es porque es una superficie gaussiana” <u>genera un inicio de tensión para enlazarlo a otro primero</u>	Esta <u>la resuelve el profesor con el uso de preguntas</u> para verificar: “¿Cuánto vale el coseno?, el coseno de cuánto?” y los estudiantes le responden. Lo retoma en E09_P y lo resuelve en al final
Cuarta Parte El cubo como SG [E08_P, E09_P]	Pere <u>genera tensión</u> en E08_P “si yo escojo una superficie que no sea gaussiana” e inicia la recreación del imaginario de los estudiantes para ubicarlos dentro de un cubo, con la carga en el centro y líneas de campo saliendo radiales de la carga.... Es un trabajo arduo de mucha gestualidad y desplazamiento, para que vean la relación entre los vectores campo y área del cubo. “pareciera insignificante (señala a E), lo he sacado de la integral porque es un campo que tiene el mismo valor a una distancia r”	Pere al finalizar E08_P, utiliza afirmaciones y preguntas de verificación “el ángulo que forma el campo eléctrico en aquel extremo no es el mismo que forma en esta parte de arriba, ¿cierto? ... el ángulo que forma el diferencial de área con el campo eléctrico...ni tampoco con el que formaría en este punto de la pared cierto?” Lo retoma en E09_P y lo resuelve al final
Quinta parte Formalización de la demostración [E10_P, E11_P]	Inicia en E10_P con una dinámica de preguntas-respuestas, <u>¿y cuánto me da esa integral?</u> , y cuánto es el área de esa superficie?	<u>Resolución de tensiones</u> al resolver matemáticamente y confirmado con las respuestas de los estudiantes. En E10_P hasta E11_P. A partir de E12-P, Pere hace un cierre de clase.

Fuente: Elaboración propia

La superficie gaussiana es un elemento conceptual importante para la resolución de problemas aplicando la ley de gauss, y Pere en este segmento explicativo elabora esta entidad. Pere explora y trabaja sobre la visión del estudiantado la interacción entre las líneas de campo, el vector campo y el vector área en diferentes representaciones de superficie gaussiana, para probar así la visión y la comprensión de ideas en el estudiante.

Esta gráfica servirá para dar soporte a los siguientes apartados de esta síntesis, y para la comparación entre narrativas diferentes según los propósitos de la explicación, en la sección final de este capítulo.

7.3.8.2 *Modos comunicativos y la trayectoria narrativa de Pere.*

En la tabla 7.28 se resume la multimodalidad de Pere con las cinco partes de su historia destacadas, quien destaca de los tres con el uso de la pausa. En el desarrollo matemático se destaca una subcategoría que fue agregada ($D \rightarrow EM$) al observar, el juego entre las dos pizarras, o entre el dibujo y la ecuación realizado por Pere, para enlazar los significados, de las variables entre lo representado y la ecuación o el desarrollo matemático. Con Pere se introducen otras dos subcategorías: la representación del imaginario con la gestualidad sobre el dibujo de la pizarra RIGD y la representación con objetos y del imaginario con gestualidad y desplazamiento ROIG.

Los modos comunicativos en este capítulo se introdujeron para brindar soporte a las categorías pedagógicas, en el análisis de tensiones para la construcción de la *gráfica de trayectoria narrativa* de la clase. En el capítulo siguiente sobre flujo eléctrico y ley de Gauss, se hará un análisis más detallado de los modos comunicativos y su interacción, donde se incluye este segmento explicativo de Pere.

Tabla 7.28. Multimodalidad en el Ejemplo: campo eléctrico de una carga puntual.

Modo Comunicativo		PERE: líneas de campo y Flujo eléctrico. Ejemplo: Campo eléctrico de una carga puntual												
Episodios 1min		Episodios [E01 al E13]												
Representación	ROIG								cubo					
	RIGD					mímica								
Dib.	DD													
	R→EM													
Enlace	D→EM													
	EM													
Escritura	ENombre													
	ESVect													
	ETítulo													
Gestual	GC													
	GN													
	GA				4x		2x	2x		2x				
	GF _{tono}													
P	pausa	•		•	••				•					
	P-R						2x			2x				
Pregunta	PF				3x								3x	
	Pr					2x						2x		
V	Habla													
Episodios		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13

Tensión

Tiempo (episodios-Pere)

E01: ES, DD
 E02: GC-2, Pausa
 E03: EN, DD
 E04: EN, ES, DD
 E05: PF, Pr, Pausa
 E06: Pr, EM
 E07: Pr, EM
 E08: Pr, EM, Pausa
 E09: Pr, EM, Pausa
 E10: Pr, EM
 E11: Pr, PF
 E12: PF
 E13: Pr

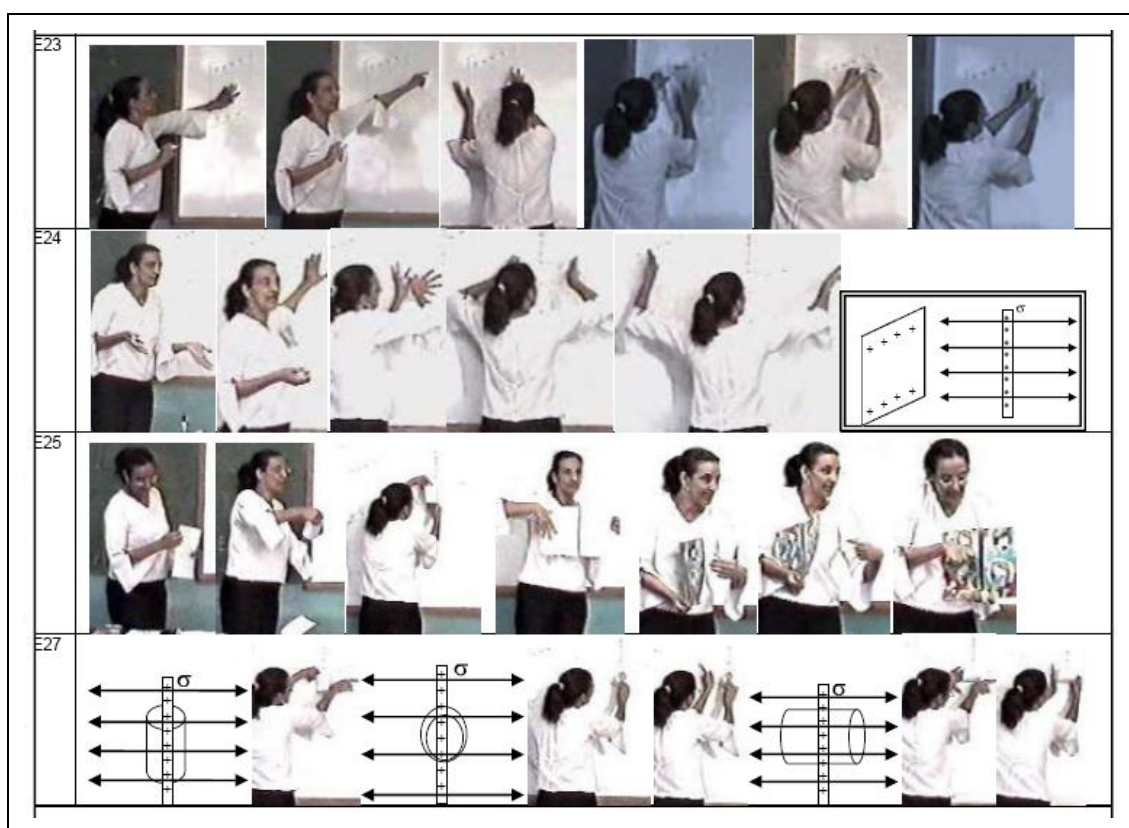
ROIG: Rep. con objeto imaginario, gestualidad y desplazamiento
 RIGD: Recreación del imaginario sobre el dibujo
 DD: desarrolla el dibujo
 R→EM: enlaza representación con la expresión matemática
 D→EM: enlaza dibujo con la expresión matemática
 EM: escritura matemática en la pizarra
 EN: nomenclatura
 ES: simbología gráfica y vectorial en la pizarra
 ET: título en la pizarra
 GA: gesto apuntador
 GC: gesto conceptual
 GN: gesto narrativo
 GF: gesto marcado al hablar
 P: Pausa
 Pr: Pregunta retórica, orienta la explicación
 PF: Pregunta *feedback*, censa clima del aula
 PG: Pregunta Guía que espera respuesta, utilizada para activar/integrar la audiencia
 PR: Pregunta que espera y recibe respuesta
 LCE: líneas de campo eléctrico
 VA: vector área
 SG superficie gaussiana

Fuente: Elaboración propia

7.4 Montse: las líneas de campo en la resolución de problemas.

Montse, en esta clase, ha realizado un repaso de la ley de Gauss visto en la clase anterior, ha realizado algunos ejemplos de cálculo del campo eléctrico usando esta ley, la esfera no conductora, esfera conductora, acaba de dar la determinación del campo para una varilla infinita no conductora con carga uniforme, y ahora inicia el cálculo de la expresión del campo eléctrico para una placa conductora infinita.

Tabla 7.29 El plano infinito conductor. La explicación de Montse.



Fuente: Elaboración propia

La varilla o línea de carga, y el plano cargado, son sistemas conocidos por los estudiantes, ya que han sido anteriormente resueltos aplicando la ley de Coulomb. Para la resolución de problemas, Montse soporta su explicación con la representación del escenario en la pizarra y el uso de objetos físicos, algunos dispuestos en diferentes posiciones.

En la tabla 7.29 se muestran imágenes, como parte del segmento [E23_M, E27_M] de la explicación de Montse. Se puede observar de manera general que, durante su explicación, Montse siempre usa su cuerpo junto a otros recursos no verbales, tales como: un sistema esbozado en diferentes puntos de vista en la pizarra que pueden verse en las dos primeras filas de la figura, un folio de papel en la tercera y cuarta fila para explicar el punto de vista dibujado en la pizarra, algunas veces el folio de papel es un plano o también es transformado en un cilindro, igualmente en la tercera fila de la figura se observa el uso de un cuaderno para representar la superficie del plano. El segmento completo de análisis: tiene una duración doce minutos que van del E23_M al E34_M. A continuación, se presenta el análisis de los episodios, de forma tal que orienten la función de los recursos multimodales en la construcción de esta historia ubicada en la resolución de problemas.

A continuación, se muestra la historia creada por Montse, separada en ocho apartados que describen los recursos utilizados a medida que se desarrolla la explicación y clasificadas según el modo resaltante en:

1. Apertura del Problema. Dibujo en secuencia y objeto sobre la pizarra La presentación del escenario.
2. Gestualidad sobre la pizarra
3. Representación con objetos sobre la pizarra
4. Representación con objeto en la explicación para inducir el error.
5. Explicación en la pizarra
6. Desarrollo matemático. Gestualidad, texto escrito y dibujo.
7. Representación con objeto. Presentando las variables de la expresión matemática
8. Cierre. Representación con objeto en la pizarra: borrador-rotulador

7.4.1 La presentación del sistema-problema con dibujos en secuencia.

En la tabla 7.30, distribuidos en tres filas, se muestra el episodio E23_M. En la primera fila, se acota el contexto, en el cual acaban de resolver un problema similar, pero en una varilla. En ella Montse resalta “la ley de Gauss no nos da la dirección y sentido del campo eléctrico, nos da solamente la magnitud”.

Luego, en la segunda fila Montse realiza sobre la pizarra, el dibujo del plano en perspectiva tridimensional o 3D, con las cargas positivas dibujadas, evocando a un plano resuelto anteriormente: “¿recuerdan cuando teníamos el plano? - obteniendo una afirmación con las voces de los estudiantes - Amja!, nosotros tenemos calculado el campo eléctrico a una distancia de esta carga”, “vamos a poner este plano”. Montse hace el gesto de acotar con los cantos de las manos, como si fuese a *abrazar* el plano dibujado, para darle presencia. Se observa sobre la tabla 7.30 el gesto resaltado con un círculo en rojo sobre el plano de la imagen.

En la tercera fila de la figura, Montse utiliza la representación con objeto sobre la pizarra, para llevar al estudiante a la comprensión del dibujo del plano en una nueva vista.

Montse coloca un folio en la pizarra, sobre el plano dibujado: “así este plano que esta así pegado, lo voy a poner **así**”. Ahora Montse, toma el mismo folio y lo coloca perpendicular a la pizarra, y ahora dibuja un rectángulo vertical con signos positivos.

Es decir, una vez de darle materialidad al dibujo del plano, a través del folio, el próximo paso es simplificar la imagen del plano que está en perspectiva espacial sobre la pizarra, a una vista en el plano o 2D. Montse dirige al cambio que va a hacer, y soporta la acción usando el folio (una página blanca) sobre la pizarra simulando ser el plano. Una vez que le da escena al folio como el plano sobre la pizarra, toma el folio y lo coloca perpendicular al plano de la pizarra, para guiar el próximo dibujo a realizar.

“Entonces él está cargado con una carga positiva más sigma” - escribe la variable “ σ ”.

Ahora dibujado el plano de perfil, presenta la variable de la densidad superficial de carga “ $+\sigma$ ” para referirse a la carga positiva del plano. “Yyy (sube el tono) yo quiero calcular a una distancia *erre* el campo eléctrico producido por ese plano, utilizando la ley de gauss”.

Tabla 7.30. Episodio E023_M. dibujo del sistema: plano infinito de Montse.

Clase #4 de Montse – Aplicación de la ley de Gauss: El plano infinito conductor. Representación con objeto sobre la pizarra: “El folio es el plano”. Episodio E23_M	
Descripción de la explicación.	Recurso: Dibujo en secuencia + objeto sobre el escenario dibujado en la pizarra
<p><i>Contexto:</i> [E12_M]: Vamos a calcular los mismos campos eléctricos, pero ahora aplicando ley de Gauss, ... para ello debo dibujar una SG con cierta simetría, que a lo largo de la superficie el campo sea constante y que (<i>une los dedos índices</i>) el ángulo que forma con el campo eléctrico sea también constante. [E22_M]... fíjense que la ley de gauss no nos da la dirección y sentido del campo eléctrico, nos da solamente la magnitud.</p>	<div data-bbox="842 555 1241 761"> <p>Campo Eléctrico en una Varilla Cargada</p> </div> <p>(en la pizarra verde tiene la expresión final del campo de la varilla infinita que acaba de terminar)</p>
<p>[E23_M] (12:13) Bien... el plano conductor ... la placa conductora.</p> <p>cuando teníamos el plano cargado ¿recuerdan?</p> <p>... que el plano cargado (<i>murmillos de los estudiantes</i>) <i>(dibuja)</i> ¡Amjá! ... nosotros tenemos calculado el campo eléctrico a una distancia de esta carga ...vamos a poner este plano</p>	<p>borra la pizarra blanca y dibuja un plano con signos positivos indicando la carga. Usa la mano y índice como apuntador</p> <p>coloca ambas manos alrededor de la figura.</p>
<p>(coloca un papel en la pizarra) <u>así este plano que esta así pegado</u></p> <p>lo voy a poner así. (<i>coloca el papel perpendicular a la pizarra</i>) (<i>dibuja</i>).</p> <p>entonces <u>él está cargado con una carga positiva más sigma</u>.</p> <p>Yyy (<i>sube el tono</i>) yo quiero calcular a una distancia <i>erre</i> el campo eléctrico producido por ese plano... utilizando la ley de gauss</p> <p>lo que <u>tengo que hacer es conseguir una superficie gaussiana</u> que yo voy a colocar aquí (<i>coloca pulgar índice en la figura dibujada</i>) y <u>evaluar el flujo de esa superficie gaussiana ...</u></p>	<p>(coloca el papel sobre el plano dibujado)</p> <p>Usa un folio</p> <p>Dibuja el plano ahora de perfil.</p> <p>(pulgar e índice sobre la figura de perfil)</p>

Fuente: Elaboración propia

Y agrega el siguiente paso: “lo que tengo que hacer es conseguir una **superficie gaussiana** que yo voy a colocar **aquí** y evaluar el flujo de esa superficie gaussiana” – indicando el lugar donde colocará la superficie gaussiana con un gesto como agarrando la barra en la segunda imagen, ver la imagen en la parte inferior de la tabla 7.30.

En este episodio se ha presentado en la pizarra, lo que sería el cuaderno del estudiante, el escenario de la historia explicativa, o el sistema de estudio: el plano, llevado a cabo con dos dibujos en secuencia, primero una disposición espacial en 3d y luego una imagen más simplificada en el plano que orienta la visión vectorial para el análisis. Se presentan el plano, las líneas de campo y la carga positiva. Todo esto ayudará en la selección de la superficie gaussiana.

7.4.2 La gestualidad sobre la pizarra: las líneas de campo.

En el episodio E24_M, mostrado en la tabla 7.31, Montse tiene como objetivo seleccionar la superficie gaussiana, llevándolos a guiarse por la simetría del sistema. Para ello les da presencia a las líneas de campo, justificándolas su dirección perpendicular y saliendo del plano, por ser la carga positiva.

“...en este plano cargado que tiene una carga positiva, tienen que ser un campo eléctrico perpendicular al plano... justo perpendicular” ..., “y son líneas de campo eléctrico que salen perpendiculares, *ya lo calculamos a pie* (para referirse a un procedimiento largo) por ley de Coulomb y ahora lo vamos a calcular ...pero sabemos que son líneas de campo eléctrico perpendiculares al plano... **que se alejan del plano...**”

Montse utiliza como recurso la gestualidad, dentro del escenario de la pizarra. Se coloca al frente del plano de perfil, como si ella fuese el plano de perfil mueve los brazos como saliendo del plano hacia afuera, brindando de la presencia retórica a las líneas de campo, asignándoles direccionalidad y sentido con sus dedos.

Tabla 7.31. Episodio E24_M. Mis dedos las líneas de campo. La gestualidad sobre la pizarra.

Clase #4 de Montse – Aplicación de la ley de Gauss: El plano infinito conductor. Las líneas de campo salen perpendicular al plano. Episodio E24_M	
Descripción de la explicación.	Recurso: Gestos: las manos son líneas de campo. Colocadas sobre el escenario dibujado en la pizarra
<p>[E24_M](12:14)</p> <p>¿cuál sería la superficie idónea para calcular el campo eléctrico?</p> <p>...porque nosotros sabemos por simetría (coloca las manos sobre la pizarra con los dedos abiertos)</p> <p>que el campo eléctrico de este plano conductor ...en este plano cargado que tiene una carga positiva...</p>	 <p>(estira los brazos con los dedos en punta)</p> <p>(de frente a la pizarra mueve los brazos del centro hacia fuera horizontalmente)</p> 
<p><u>tienen que ser un campo eléctrico perpendicular al plano...</u> justo perpendicular...</p> <p>y <u>son líneas de campo eléctrico que salen perpendiculares,</u></p> <p>ya lo <u>calculamos a pie</u>, por ley de Coulomb y ahora lo vamos a calcular ...pero sabemos que son líneas de campo eléctrico perpendiculares al plano...</p> <p><u>que se alejan del plano...</u></p>	

Fuente: Elaboración propia

7.4.3 El cilindro como superficie gaussiana. ¿Y cómo lo colocamos?

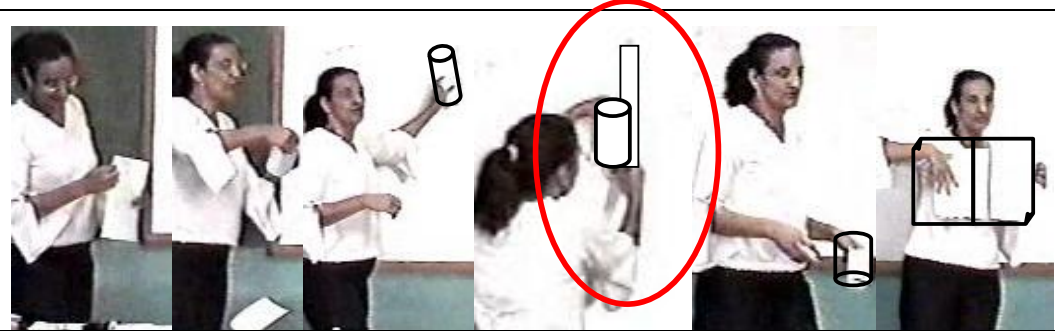
En la tabla 7.32, distribuido en dos filas, se muestra el episodio E25_M donde Montse retoma la pregunta “¿Cuál superficie gaussiana es idónea?”, y los estudiantes: “¡el cilindro!”

“un cilindro... a ustedes les gusta el cilindro ...vamos a ver... (toma un papel y lo dobla en forma de cilindro) ahora tenemos un cilindro...”

Montse utiliza la representación con objetos, da forma de cilindro al folio para luego advertir: “y la cuestión no es solamente dar con la superficie adecuada sino colocarlo de la manera adecuada”.

Montse que acaba de resolver el problema de la varilla o línea infinita, cuya gaussiana era un cilindro, va a tratar de llevar a los estudiantes, a pensar si el cilindro sirve como superficie gaussiana y además si sirve colocarlo aparentemente de la misma forma utilizada para la varilla.

Tabla 7.32. Episodio E25_M. La superficie gaussiana: el cilindro y la colocación adecuada

Clase #4 de Montse – Aplicación de la ley de Gauss: El plano infinito conductor.	
Representación con objeto sobre la pizarra: el folio en forma de cilindro. Episodio E25_M	
<i>Descripción de la explicación: La selección de la Superficie Gaussiana.</i>	<i>Representación con objetos: La Pizarra + folio en forma de cilindro. + Cuaderno con espiral</i>
<p>[E25_M] (12:15) Entonces <u>¿Cuál superficie gaussiana es idónea?</u> (estudiantes: “un cilindro”)</p> <p>un cilindro... a ustedes les gusta el cilindro ...vamos a ver ... (toma un papel y lo dobla en forma de cilindro) ahora tenemos un cilindro...</p> <p>y la cuestión no es solamente dar con la superficie adecuada sino colocarlo de la manera adecuada</p>	
<p>¿Si colocamos el cilindro así? (coloca el cilindro vertical sobre el dibujo en la pizarra) (estudiantes: ¡No!) y evaluamos...</p> <p>¿no? ¿Por qué? (Estudiantes: “porque esa superficie está colocada.” no traducible)</p> <p>¡Exactamente! porque cuando yo introduzco este cilindro... ehh</p> <p>(se acerca a una alumna) ... <u>préstame tu cuaderno un momentico.</u></p> <p>bien supongamos que este es el plano (muestra el cuaderno abierto al alumnado) infinito</p> <p>¿okey? y este es el cilindro que yo voy a introducir</p>	
	

Fuente: Elaboración propia

En la segunda fila y observando las imágenes en la parte inferior de la tabla 7.32, Montse, coloca el cilindro de papel de forma vertical sobre el escenario de la pizarra: y trata de desarrollar lo que acaba de advertir: - “y si lo coloco así?” - de inmediato “No” como respuesta de una estudiante. Montse verifica preguntando -“¿por qué?” - los estudiantes responden, pero no se escucha bien, y ella confirma al estudiante exclamando: -“Exactamente!”.

Se dispone entonces a desarrollar lo que ha preguntado y justificar la respuesta. Montse inicia la construcción de un nuevo escenario fuera del dibujado en la pizarra, pero Montse interrumpe la secuencia de la explicación, y demostrando la confianza y afinidad con sus estudiantes, se dirige de forma coloquial a una estudiante y le dice: “préstame tu cuaderno un momentico”.

Montse toma el cuaderno que es de espiral, y lo muestra a los estudiantes. El cuaderno está abierto, y la espiral queda en el centro abierto, para agregar: “bien supongamos que este es el plano infinito, ¿okey? y este es el cilindro que yo voy a introducir”, señala a la espiral del cuaderno.

7.4.4 Montse induce el error: “¿y si coloco el cilindro así?”.

Montse, se dispone desarrollar sobre la pregunta del episodio anterior “¿y si coloco el cilindro así?”, con la representación sobre la pizarra con el folio en forma de cilindro vertical sobre el segundo dibujo. Ahora se dispone a repetirlo fuera de la pizarra utilizando otra modalidad, para ello utiliza un cuaderno de espiral, donde las tapas del cuaderno representan al plano y la espiral representa el cilindro.

En la tabla 7.33, distribuido en cuatro filas, se muestra el episodio E26_M donde Montse, en la primera fila, toma de escenario el cuaderno desplegado, el cual se le observa la espiral en el centro, señalando que la espiral simulará o representará al cilindro. Con este recurso Montse le da presencia espacial al sistema del plano con el cilindro, y lo resalta colocando el cuaderno, como “su plano” de frente a los estudiantes, señalando con las manos adelante y, atrás del cuaderno. Y luego coloca el cuaderno de perfil, vertical tal cual está dibujado el plano en la pizarra, ver las imágenes en la primera fila de la tabla. Todo ello para dar significado y materialidad al sistema del plano, a la selección del cilindro como la superficie gaussiana y a su disposición sobre el plano.

En la segunda fila de la tabla, Montse interrumpe la secuencia de su explicación, para preguntarle a la estudiante mientras se sonríe: “¿tiene hojas ...se le van a salir?”, refiriéndose si tiene dentro del cuaderno folios sueltos. “Siempre que le agarro el cuaderno a uno de mis alumnos ¡pishhhh!”. Montse realiza una onomatopeya, junto con la mímica, abriendo los brazos, simulando que se le caen las páginas al cuaderno.

En la tercera fila de la tabla 7.33, Montse retoma la explicación: “entonces cuando yo tengo el cilindro introducido en el plano, yo sé que las líneas de campo salen y el diferencial de área de este cilindro solamente va a coincidir con la dirección del campo eléctrico. ... exactamente aquí en este punto.

Montse acompaña lo que dice con sus gestos, con la mano dirige el sentido de las líneas de campo, y luego con el dedo índice muestra la misma dirección con el índice, indicando que coinciden ambas entidades, ver la secuencia de imágenes encerradas en un recuadro rojo.




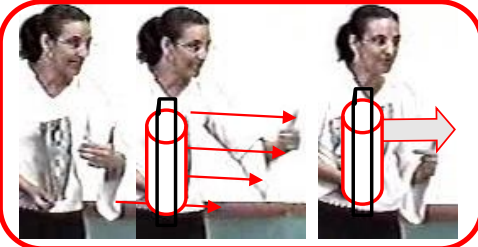


En la cuarta fila, Montse continúa dándole materialidad a las líneas de campo, el vector área, sobre el plano del cuaderno, pero ahora destaca las diferencias: “pero un poquito más allá, el área va para allá y el campo va para acá y lo mismo de este lado”. Montse señala hacia los estudiantes con el índice, cuando presenta el vector área, y luego señala la dirección del campo y repite. Luego, con el cuaderno de frente a los estudiantes:

“el área del cilindro va para acá y el campo va para allá (*el índice apoyado en el cuaderno, rota en forma radial, simulando el vector de área*) y en todo punto sobre la superficie del cilindro no coincide con el campo entonces no nos sirve el cilindro...” (entrega el cuaderno)

Montse, en esta parte de la explicación, recuerda que las líneas de campo salen perpendicular al plano y resalta el vector área del cilindro: usando el dedo índice como apuntador del vector área y girándolo en forma radial delante de la espiral, como por definición se comporta el vector área, perpendicular a la superficie del cilindro que forma la espiral en este caso.

Montse no sólo hace uso de los recursos semióticos para dar *presencia* al cilindro, al plano, a las líneas de campo, al vector área; si no que utiliza doblemente la estrategia retórica de la *presencia* por la repetición del mismo sistema, representado sobre la pizarra, pero construido ahora con otros recursos que le agregan la función de la visión espacial de los elementos y las variables que intervienen en el producto escalar de la integral de flujo.

Tabla 7.33. Episodio E26_M. la superficie gaussiana del cilindro y su colocación sobre el plano. La representación con objetos físicos.

Descripción de la explicación.	Representación con objetos: un cuaderno de espiral + gesto apuntador con las manos, con el dedo índice
<p>[E26_M] (12:16) ...si yo lo introduzco (señala la espiral con el cuaderno abierto) de esta manera en el plano ...tienen (señala adelante) pa' este lado y pa' este lado... (señala detrás) entonces... (coloca el cuaderno perpendicular a la pizarra)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>La espiral del cuaderno = El cilindro</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Cuaderno de perfil con la espiral</p>  </div> </div>	
<p>¿tiene hojas ..se le van a salir? (se sonríe al comentar)</p> <p>Siempre que le agarro el cuaderno a uno de mis alumnos pishhhh (gesto abriendo los brazos, simulando que se le han salido páginas al cuaderno)</p> <p>se le salen las hojas...</p>	<p>¡Pishhhh! Simula que se caen paginas</p> 
<p>(retoma la explicación) ... entonces cuando yo tengo el cilindro introducido en el plano</p> <p><u>yo se que las líneas de campo salen y el diferencial de área de este cilindro solamente va a coincidir con la dirección del campo eléctrico.</u> ... exactamente aquí en este punto (señala apuntando con el índice en el centro del cuaderno)</p> <p>...pero un poquito más allá</p>	 <p><i>Líneas de campo y vector area coinciden aquí.</i></p>
<p>el área va para <u>allá</u> y el campo va para <u>acá</u> y lo mismo de este lado (muestra el otro lado del cuaderno)</p>  <p>(señala hacia los estudiantes el vector área, y luego la dirección del campo) y repite</p>	<p>el área del cilindro va para <u>acá</u> y el campo va para <u>allá</u> (el índice apoyado en el cuaderno, rota en forma radial, simulando el vector de área) y <u>en todo punto</u> sobre la superficie del cilindro <u>no coincide</u> con el campo <u>entonces no nos sirve el cilindro...</u> (entrega el cuaderno)</p> 

Fuente: Elaboración propia

7.4.5 Montse: ¿Cómo coloco la superficie Gaussiana, el cilindro, sobre el plano?

En la tabla 7.34, distribuido en cuatro filas, se muestra el episodio E27_M, Montse se regresa en la explicación, repite el episodio anterior E26_M utilizando el folio en forma de cilindro sobre el escenario de la pizarra, y luego retoma la pregunta del E25_M: anterior “¿y si coloco el cilindro así?”. En la primera fila Montse coloca verticalmente, el eje del cilindro de papel, sobre el segundo dibujo y expresa: “no nos sirva así ..., aquí el área va para allá, y el campo va para allá, solamente va a coincidir aquí”. En las imágenes de la primera fila se observa a Montse justificando la premisa, cuando señala con el índice, como su vector área, que no coinciden los vectores y por tanto el cilindro colocado de esta forma sobre el plano, no sirve. Esto se observa en la primera fila de la explicación de la tabla 7.34.

En la segunda fila de la tabla, Montse cambia la colocación del cilindro, con su eje perpendicular a la pizarra y pregunta: “¿y así?”, y los estudiantes: “¡no!”.

Montse les confirma, “¡nooo!, ¡tampoco!, ¡es lo mismo!, va a recibir diferentes valores este producto (señala la ecuación de gauss) “e por de a” ya que tiene diferentes valores de ángulo”

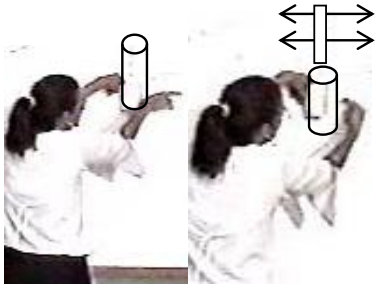
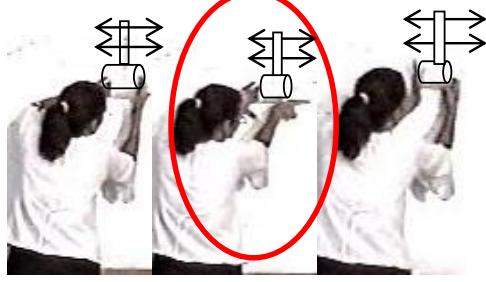
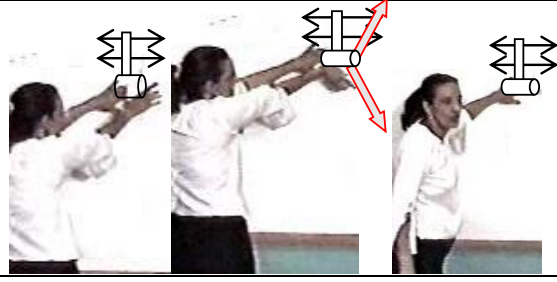
Al recibir la respuesta correcta de los estudiantes, ella confirma: -”noo, es lo mismo” y haciendo uso del dedo índice como vector área alrededor del folio en forma de cilindro, representa al vector área que varía de forma radial en el plano de la pizarra. Esto se resalta en la tabla 7.29 con un recuadro rojo. Y luego justifica matemáticamente, apoyando su explicación en la ecuación escrita, señalando el producto escalar de la ecuación, que quedó escrita en la pizarra verde, del ejercicio de la varilla.

En la tercera fila de la tabla, coloca finalmente la posición correcta, perpendicular al plano dibujado. Montse coloca cuerpo del cilindro horizontal sobre la pizarra: - “entonces la mejor manera de ponerlo es así, ¿verdad?”- y para justificar divide el cilindro en tres partes: dos tapas y el cuerpo del cilindro y con cada una comienza la representación gestual sobre la pizarra para verificar con los estudiantes la disposición del vector área respecto a las líneas de campo que están dibujadas en la pizarra.

En las imágenes de esta tercera fila se observa que Montse usa la palma de la mano colocada sobre el orificio que deja el folio en forma de cilindro, para representar a la tapa, y el dedo índice para señalar el vector área, justo cuando los nombra de forma verbal: - “de esta manera sé que por esta tapa,... el campo eléctrico y el área van a tener el mismo ángulo” - y repite del otro

lado del cilindro, señalando con el folio y la gestualidad sobre la pizarra, que los vectores área y campo son paralelos, tienen la misma dirección.

Tabla 7.34. Episodio E27_M. La colocación de la superficie gaussiana para el plano.

Representación con objetos sobre el escenario dibujado en la pizarra	
Episodio E27_M. La superficie gaussiana para el plano infinito	
Descripción de la explicación.	Recurso: folio + dibujo + dedos apuntables
<p>[E27_M] (12:17) <i>(se regresa en su explicación, repite el episodio E26, sobre la pizarra, y retomar la pregunta en E25_M) ... no nos sirva así ... (coloca verticalmente, el eje del cilindro de papel, sobre el segundo dibujo)</i></p> <p><i>aquí el área va para allá (con el índice moviéndose perpendicular a la pizarra) y el campo va para allá (el índice se mueve horizontal)</i></p> <p><i>...solamente va a coincidir aquí...</i></p>	
<p><i>y así? (coloca el cilindro perpendicular a la pizarra) (estudiantes en murmullos: ¡“no”! ...)</i></p> <p><i>¡nooo!, ¡tampoco!, ¡es lo mismo!, <u>va a recibir diferentes valores este producto</u> (señala la ecuación de gauss) “e por de a” ya que tiene diferentes valores de ángulo</i></p>	
<p><i>..entonces la mejor manera de ponerlo es así, verdad?..(coloca el cuerpo del cilindro horizontal sobre el dibujo del plano en perfil)</i></p> <p><i>de esta manera sé que por esta tapa (coloca la mano por una tapa del cilindro) ...el campo eléctrico y el área van a tener el mismo ángulo (coloca el índice apuntando a la derecha)</i></p> <p><i>...sobre esta tapa (coloca la mano por la otra tapa del cilindro) ...también van a tener el mismo ángulo</i></p>	
<p><i>y sobre esta tapa (coloca la mano sobre el cilindro) ... como todos los diferenciales de área son perpendiculares (gira el índice perpendicular a la pizarra) al campo eléctrico. (pausa)</i></p> <p><i>...entonces no hay flujo a través del cuerpo del cilindro (se queda con el cilindro en la pizarra, en pausa)</i></p>	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la cuarta fila realiza la dinámica gestual con el cuerpo del cilindro. coloca la mano sobre el cuerpo del cilindro y con el índice apuntando y girando de manera radial, “como todos los diferenciales de área son perpendiculares - gira el índice perpendicular a la pizarra – “al campo eléctrico ...entonces no hay flujo a través del cuerpo del cilindro” - para luego quedarse así en pausa recibiendo el *feedback* de sus estudiantes.


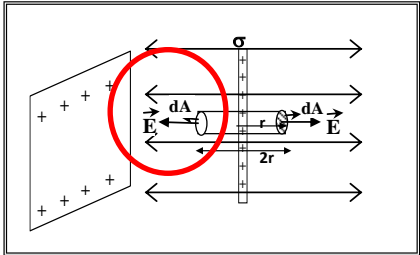

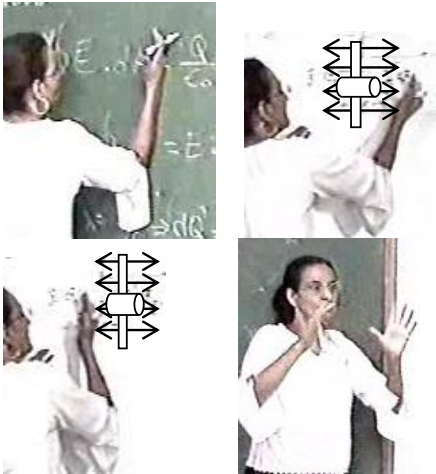
7.4.6 Montse. Desarrollando el escenario para iniciar la resolución matemática.

En este apartado, Montse luego descartar dos colocaciones diferentes del cilindro sobre el plano; y una vez verificado con los estudiantes la disposición correcta, finalmente selecciona la colocación correcta de la superficie gaussiana, con las relaciones del ángulo que forman los vectores área y campo eléctrico. En la tabla 7.35, distribuido en cuatro filas, se presentan tres episodios E28_M al E30_M. En la primera fila se observa que Montse ha descrito el cilindro en tres partes tapas y cuerpo y el flujo en cada parte; y Montse cierra el apartado anterior: - “entonces no hay flujo a través del cuerpo del cilindro, ... nosotros solo vamos a tener (flujo implícito) a través de este y a través de este, ¿verdad?”.

“Calculen ¿cuánto vale el campo eléctrico? ...vamos a suponer que esto tiene una área “A” entonces nosotros vamos a tener un cilindro (dibuja) de área A y por aquí el campo eléctrico con un diferencial de área también va así y lo mismo para este lado ..el campo eléctrico va así y el diferencial también va a ir en el mismo sentido..”. Montse comienza a desarrollar el dibujo, agregando características como: dibuja la superficie gaussiana, coloca una letra “r” al lado, dibuja vectores paralelos que salen de las tapas del cilindro y les coloca su nomenclatura como vectores área y campo eléctrico, destacando cómo se comportan entre sí. Montse va explicando lo que hace en la pizarra.

En la segunda fila dirige su objetivo que es resolver la integral del flujo, y pregunta –“entonces ¿cuánto vale el flujo?, pero una estudiante interviene y le pregunta – “y esa erre, ¿para que se usa?” – donde la “erre” es una variable que siempre crea dudas en el estudiante si es vector posición o es radio del cilindro. Montse responde escribiendo y señalando la longitud del cilindro como “2r” en el dibujo sobre la pizarra con los dedos índice y pulgar, como se muestra en la imagen de la segunda fila. Y retoma la explicación, “entonces calculen ¿cuál es el campo? (pausa) ¡amjá! ... ¿cuánto da el flujo?”.

Tabla 7.35. Episodios E28_M al E30_M. Dibujo: El plano con la gaussiana final.

Desarrollando el escenario hacia la expresión matemática. Episodios E28_M al E30_M	
Descripción de la explicación.	Recurso: dibujo + ecuación matemática + folio en forma de cilindro + gestos
<p>[E28_M] (12:18) <i>Luego de descartar dos colocaciones diferentes del cilindro sobre el plano; Montse finalmente selecciona la correcta ahora presenta las otras variables de (antes: entonces <u>no</u> hay flujo a través del cuerpo del cilindro)</i></p> <p>..nosotros solo vamos a tener (flujo) a través de este (pasa la palma delante y atrás por cada tapa del cilindro de papel) y a través de este ..verdad?</p> <p>...calculen ¿cuánto vale el campo eléctrico? ...vamos a suponer que esto tiene una área “A” entonces nosotros vamos a tener un cilindro (dibuja y escribe) de área A y por aquí el campo eléctrico con un diferencial de área también va así y lo mismo para este lado ..el campo eléctrico va así y el diferencial también va a ir en el mismo sentido..</p>	 
<p>[E29_M] ..entonces ¿cuánto vale el flujo? (Una estudiante: -y esa erre? ¿para que se usa?)</p> <p>¿ese qué? ...ahh okey esta erre que voy a pintar aquí.es este (pulgar e índice sobre la pizarra señalando) y aquí le colocamos dos erres (copia en la figura).</p> <p>entonces calculen ¿cuál es el campo? (pausa) (va al escritorio y con el rotulador dibuja sobre el folio ¡amjá!..¿cuánto da el flujo?..</p>	
<p>[E30_M] (12:20) Es decir... lo que estoy pidiendo es calcular esta parte de ley de gauss (señala colocando las manos alrededor de la ecuación) (ruido de alumnos, (copia en la pizarra blanca)</p> <p>es lo mismo que la integral de e por diferencial de área producida acá... verdad?</p> <p>El ángulo que forman por acá es cero grados, ... por acá el ángulo que forman es cero grados... (gestos con cada tapa del cilindro y la palma de la mano)</p> <p>el flujo total ... se limita al flujo a través de esta tapa y de esta tapa (repite los gestos para señalar las tapas del cilindro) ¿verdad? ¿okey?</p>	
<p>lo que deberíamos escribir es igual al flujo a través de la tapa uno, (.), más el flujo a través de la tapa dos... y el flujo a través del cuerpo (envolvente con las manos en el aire) que es igual a cero...</p>	<p>Escribe:</p> $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \cdot A + E \cdot A + 0 =$

Fuente: Elaboración propia

En la tercera fila, se dirige a desarrollar la resolución matemática una vez presentadas las variables en el escenario de la pizarra, como no hay respuesta de los estudiantes, se dirige a la pizarra verde que ha quedado llena con la parte matemática del ejercicio anterior que era la varilla infinita, y “abrazando” o “acotando” con las manos, la ecuación de la ley de Gauss dice “es decir, lo que estoy pidiendo es calcular esta parte de la ley de gauss”. Se escucha a los estudiantes discutiendo, en rumoreo inentendible, mientras Montse se dirige a copiar la ecuación $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$ debajo del dibujo.

Y agrega “es lo mismo que la integral de e por diferencial de área producida acá... ¿verdad?” Repite la gestualidad con las tapas que se muestran en las imágenes de la tabla, mientras dice: - “el ángulo que forman por acá es cero grados, ... por acá el ángulo que forman es cero grados..., el flujo total ... se limita al flujo a través de esta tapa y de esta tapa ¿verdad? ¿okey?”.

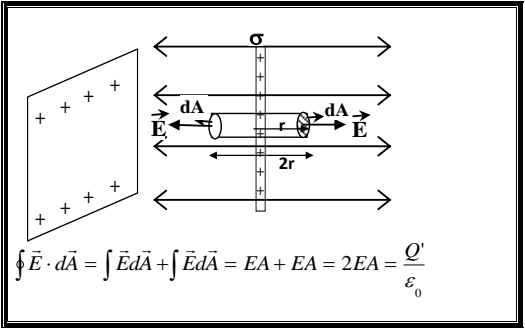


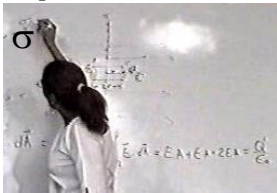

Para luego expresar cómo queda el flujo dividido por partes, “lo que deberíamos escribir es igual al flujo a través de la tapa uno, (..), más el flujo a través de la tapa dos... y el flujo a través del cuerpo (envolvente con las manos en el aire) que es igual a cero...”.

7.4.7 Montse. El desarrollo matemático ¿Cuánto vale la carga encerrada?

En este apartado se muestran los episodios E31_M, E32_M y E33_M, donde Montse procede al desarrollo matemático del cálculo del flujo dividiendo al cilindro en tres partes: dos tapas y cuerpo, justificando gráficamente cada paso y luego se dispone a resolver el otro lado de la igualdad haciendo la pregunta ¿Cuánto vale la carga Q?

La tabla 7.36 contiene el episodio E31_M mostrado en tres filas. En la primera, Montse repite la gestualidad de las líneas de campo con el torso de la mano, resaltando el ángulo entre las líneas de campo y el vector área en las tapas del cilindro, trabaja gestualmente soportada sobre el dibujo de la pizarra, para luego en la segunda fila escribir la expresión del flujo. Montse enlaza las variables en el dibujo del sistema, para realizar el desarrollo matemático, y abraza la pizarra para destacar en la ley de Gauss la parte de la igualdad que está desarrollando. Continúa con escritura matemática en la pizarra hasta obtener: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E.A + E.A + 0 = 2E.A = \frac{Q'}{\epsilon_0}$

Tabla 7.36. Episodios E31_M. Iniciando el cálculo del flujo de forma matemática.

Resolviendo el problema: desarrollo en la pizarra de la expresión matemática del flujo a través del cilindro. Episodio E31_M	
<i>Descripción de la explicación.</i>	<i>Recurso: dibujo + ecuación matemática + gestos</i>
<p>[E31_M] (12:21) en donde este (<i>señala el campo E con el rotulador en la figura</i>) forma un ángulo de cero grados estos dos</p> <p>y esta forma un ángulo de cero grados los dos y el campo eléctrico es constante (<i>con los dedos de las manos apuntando lados opuestos como las líneas de campo</i>) ...entonces esto me da E por A (<i>copia</i>) esto me da e por a entonces me da dos veces e por a ¿sí o no?</p> <p>-<i>señala con el rotulador en el dibujo del sistema, para señalar el paralelo entre los vectores campo y área.</i></p>  <p>- Las manos apuntan representando las líneas de campo del plano</p>  <p>Entonces esta parte (<i>abrazo la ecuación en la pizarra verde</i>) de la igualdad me da dos e por a, y eso yo lo igualo a la carga neta encerrada dividida entre epsilon cero</p> <p>.si nosotros (<i>copia "σ" en la figura</i>) decimos que tenemos una densidad superficial</p> <p>-<i>Los brazos en paréntesis sobre la pizarra, para destacar la parte que está desarrollando</i></p>   <p>(<i>abre los brazos circularmente</i>) de carga ...esa carga neta tenemos que poner en función de la densidad superficial sigma (<i>copia</i>) sigma es igual a "de qu" sobre "a prima", exactamente qué es lo que yo estoy haciendo?... donde $\sigma = \frac{Q}{A'}$ (pizarra)</p> <p><i>completa la expresión matemática</i></p> 	

Fuente: Elaboración propia

Ya resuelto el lado izquierdo de la ley de Gauss E31_M, en la tercera fila de la tabla 7.36, Montse se dispone a resolver el otro lado de la igualdad. Montse ahora se centra en la carga, para ello parte del dato que proporciona el plano infinito, y entonces agrega un nuevo elemento al escenario de análisis dibujado: " σ ", que representa a la densidad superficial, y que resalta

con la gestualidad haciendo un círculo con los brazos para guiar la totalidad de: -“esa carga neta tenemos que ponerla en función de la densidad superficial sigma” - para copiar en la pizarra: $\sigma = \frac{Q}{A'}$. Para preguntar: - “exactamente qué es lo que yo estoy haciendo?”.

En la tabla 7.37 se presentan el episodio E32_M en tres filas. En el episodio E31_M Montse ha dejado una pregunta, para iniciar una nueva dinámica que aclare quién es Q'. En este episodio Montse recrea nuevamente el sistema ya dibujado en la pizarra, haciendo uso de la representación con dos objetos de papel. El primer objeto es el plano, realizado con un folio que tiene dibujado con rotulador: “cruces en hileras” y un “círculo en el centro” que simulan un plano con carga positiva con la superficie del cilindro atravesándolo. El segundo objeto el cilindro, realizado con un folio más pequeño. Estos elementos son presentados en la primera fila de la tabla 7.37.

Montse toma del escritorio el folio de papel y el cilindro de papel, se coloca de frente al estudiantado y le da presencia a los nuevos elementos, cuando dice “yo estoy agarrando este es mi plano cargado, aquí está mi cilindro encerrado y el cilindro parte por afuera que no lo puedo atravesar” Mostrando el folio, el círculo dibujado y luego coloca el cilindro sobre la huella circular dibujada en el folio. Ahora muestra el conjunto y lo gira de varias formas para ayudar a la imaginación de los estudiantes de este sistema que representa el dibujado en la pizarra, pero ahora con propiedades espaciales visibles, “...y la carga neta encerrada es la que está ahí” – Montse se asoma por el cilindro.

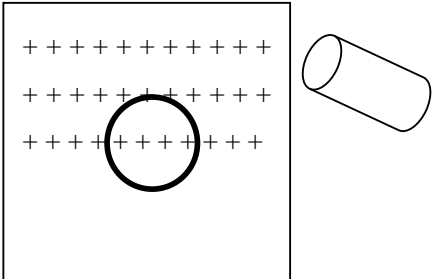
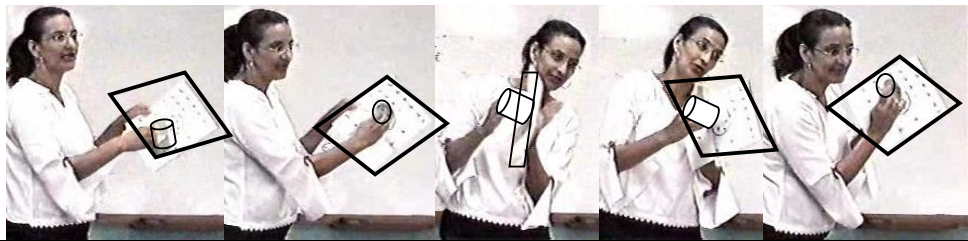


En la segunda fila de la tabla 7.37, deja a un lado el cilindro y toma el folio-plano. Dibuja un círculo imaginario, moviendo el índice en forma circular sobre el círculo que está dibujado en el folio, para destacar la zona de la carga, y agrega: “- Está dibujada aquí” - señala con el índice, dándole sentido a ese círculo que ahora representa el corte del cilindro con el plano.

En la tercera fila de la tabla 7.37, Montse toca el folio y separa la mano a una altura del papel indicando: - “para allá no hay carga” – luego, Montse, llama la atención golpeando con la palma el círculo en el folio-plano, haciéndolo sonar cuando dice, “toda la carga está aquí sobre el plano” – golpea: pah pah pah “lo que tengo que tomar es esta parte que está encerrada por la superficie, ¿Okey? ... “¿se entiende?” - repite con el índice alrededor del círculo en el folio.

En la tabla 7.38 se muestra el episodio E33_M desglosado en tres filas. En la primera fila Montse continua con los folios en la representación del episodio anterior E22_M señalando la



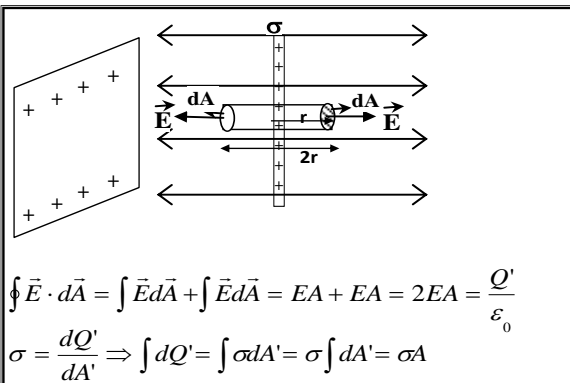

carga encerrada por la superficie, y con un gesto sobre el cilindro, alejando la mano y estirando el brazo con la direccionalidad del eje del cilindro, indica que “la superficie puede ser más larga o más pequeña”.

Tabla 7.37. Episodio E32_M, desarrollo matemático de la ley de Gauss, ¿quién es Q?

Resolviendo el problema, reconociendo a la carga Q de la expresión matemática Episodio E32_M. Representación con objetos	
Descripción de la explicación.	Recurso: gestos + dos folios: uno en forma de cilindro y otro en plano
<p>[E32_M] (12:22) exactamente qué es lo que yo estoy haciendo? ... (toma del escritorio un folio de papel y el cilindro de papel) ...yo estoy agarrando <u>este es mi plano cargado</u> ... aquí está mi cilindro encerrado.... cilindro parte por afuera</p> <p>(coloca el papel con el cilindro de frente) y parte por este lado (coloca el papel con el cilindro de perfil) que no lo puedo atravesar <u>...y la carga neta encerrada es la que está ahí</u> (se asoma por el cilindro). la carga que</p>	<p>Folio doblado en círculo + Folio rotulado con un círculo en el centro y signos positivos,</p> 
	
<p>esta dibujada aquí. (sigue con el índice el círculo en la folio) esa es la carga neta (muestra el papel dibujado golpeándolo con el índice) encerrada... aquí</p>	
<p>(toca el papel y separa la mano) para allá no hay carga ... toda la carga <u>esta aquí sobre el plano</u> (hace sonar la palma en el folio pah pah pah)</p> <p>...lo que tengo que tomar es <u>esta parte que esta encerrada...</u> (sigue con el índice el círculo en el folio). por la superficie. ¿Okey? ...¿se entiende?</p>	<p>lo repite... pah! pah</p> 

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.38. Episodios E33_M, en mi sistema, ¿quién es Q? desarrollo matemático de la ley de Gauss.

Resolviendo el problema, reconociendo a la carga Q de la expresión matemática Episodio E33_M. Representación con objetos	
Descripción de la explicación.	Recurso: folio en forma de cilindro y folio en plano + gestos
<p>[E33_M] (12:23) ...<u>sobre esta lamina</u> (señala con la palma sobre el papel) que es delgadita (muestra índice y pulgar tocándose) <u>que no tiene grosor</u>... (recorre la página por el borde, con la mano)</p> <p><u>la carga neta encerrada por esta superficie</u> o por cualquiera sea más larga (toca la parte superior del cilindro, extiende el brazo y regresa repetidas veces) o más pequeña ...</p>	
	
<p><u>es simplemente esta carga que está aquí</u> (señala el círculo dibujado en el plano de papel). Esta carga encerrada la vamos a despejar de aquí.</p> <p>(va a la pizarra blanca y copia) porque decimos que a prima es igual a sigma por de a integramos por toda el área...y eso me da sigma por a (copia)...</p>	
	 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int \vec{E} d\vec{A} + \int \vec{E} d\vec{A} = EA + EA = 2EA = \frac{Q'}{\epsilon_0}$ $\sigma = \frac{dQ'}{dA'} \Rightarrow \int dQ' = \int \sigma dA' = \sigma \int dA' = \sigma A$
<p>porque <u>el área que está aquí</u> (señala el círculo en el papel) <u>es la misma de la tapa del cilindro</u>... (coloca el cilindro arriba del papel y se queda así mientras habla)</p> <p>¿sí? ¿Se entiende? Es la misma área de la tapa del cilindro... (gira hacia cada lado del aula) ¿por allá atrás? ¿se entiende?</p>	

Fuente: Elaboración propia

En la segunda fila con la afirmación: - “la carga neta encerrada por esta superficie es simplemente esta carga que está aquí” remarca sobre el sistema folio-cilindro folio-plano, señala el círculo dibujado en el plano de papel usando el índice para señalar el área; para luego desarrollar matemáticamente en la pizarra el valor de la carga:

$$\sigma = \frac{dQ'}{dA'} \Rightarrow \int dQ' = \int \sigma dA' = \sigma \int dA' = \sigma A$$
 En la tercera fila agrega “- porque el área que está aquí es la misma de la tapa del cilindro” colocando el cilindro sobre el folio-plano y girando el sistema para que sea visto por los estudiantes.

7.4.8 Campo eléctrico generado por el plano con la ley de Gauss.

Finalmente termina la resolución del problema en el episodio E34_M, y en la primera fila de la tabla 7.39 se observa cómo queda al final la pizarra, con el escenario formado por dos dibujos en secuencia, siendo la imagen principal del sistema, la vista de perfil y; se observa el desarrollo matemático realizado por la profesora. En la segunda fila de la tabla 7.39 Montse, agrega:

“Y no solamente sirve esa superficie gaussiana si yo hubiera puesto un paralelepípedo rectangular, una cajita, un paralelepípedo...”

Para iniciar la representación con objetos sobre la pizarra, con el mismo sistema, pero cambiando la superficie del cilindro a un paralelepípedo; con los objetos: borrador como el paralelepípedo y el rotulador como apuntador.

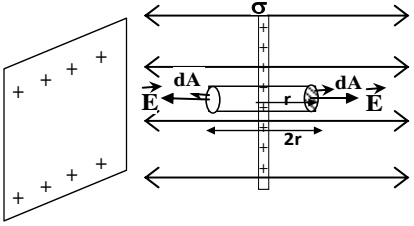
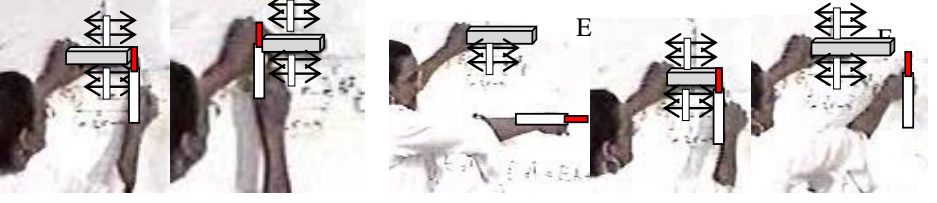
Montse presenta al borrador, como la nueva superficie gaussiana, colocándolo sobre el dibujo de la pizarra donde está dibujado el cilindro: - “también hubiera servido verdad?” y hace una pausa, “... porque solamente va haber campo a través de esta tapa y de esta tapa” - señala con el rotulador ambos lados del borrador.

“estas dos tapas tienen la misma área A” - señala la ecuación – “...entonces es exactamente lo mismo...” Y señalando con el rotulador horizontal: - “el campo eléctrico es paralelo al área de la tapa, al vector área” – hace una pausa.

Montse en once episodios ha mostrado la historia para encontrar el valor del campo eléctrico de un plano infinito con carga. Se observa el nivel avanzado porque hay mucha dinámica de construcción de escenarios que son sustituidos por otros de forma rápida, con el objetivo de dar la visión espacial del sistema y de hacer visibles las variables que intervienen en la resolución

de cada lado de la expresión de gauss. Resaltando el orden del análisis de un problema: dibujar el sistema, analizar las variables para seleccionar la superficie gaussiana a lo cual le dedicó la mayor parte del tiempo de la historia, destacando la importancia de la superficie gaussiana, y cuál es el área encerrada por ella. Montse utiliza la repetición, pero en escenarios contruados de forma improvisada con papel y rotulador y es al final, cuando recibe el *feedback*, cuando Montse se dispone al desarrollo matemático.

Tabla 7.39. Episodio E34_M. Cierre de la resolución del plano con la ley de Gauss.

Descripción de la explicación.	Recurso: Borrador + rotulador como apuntador + dibujo de la pizarra
<p>[E34_M] (12:24) Entonces a la final tenemos que dos veces el campo eléctrico por a es igual a sigma por a entre epsilon cero...</p> <p>despejamos y me queda igual a sigma sobre dos epsilon cero... (copia en la pizarra blanca) (regresa al centro de las pizarras)</p>	<p><i>Pizarra final: Dos dibujos en secuencia y desarrollo matemático</i></p>  $2EA = \frac{\sigma A}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int \vec{E} d\vec{A} + \int \vec{E} d\vec{A} = EA + EA = 2EA = \frac{Q'}{\epsilon_0}$ $\sigma = \frac{dQ'}{dA'} \Rightarrow \int dQ' = \int \sigma dA' = \sigma \int dA' = \sigma A$
<p>Aquel problema que hicimos primero integrando usando la línea de carga...aquí lo sacamos directamente con la ley de gauss... (la profe ve la hora: 12:24)</p> <p><u>Y no solamente sirve esa superficie gaussiana</u></p> <p>si yo hubiera puesto un paralelepípedo rectangular... una cajita... un paralelepípedo... (toma el borrador y lo coloca en la figura del cilindro) <u>también hubiera servido</u> ¿verdad?</p> <p>(pausa) porque solamente va haber campo a través de esta tapa y de esta tapa (señala con el rotulador ambos lados del borrador) estas dos tapas tienen la misma área A (señala la ecuación)</p> <p>...entonces es exactamente lo mismo...el campo eléctrico (coloca el rotulador como vector, horizontal y con la tapa a la derecha) es paralelo al área (señala con el rotulador de izquierda a derecha) de la tapa...al vector área ...(pausa)...bueno y finalmente...(pasa a otro tema)</p>	
	

Fuente: Elaboración propia

7.4.9 Formas de intervención de la profesora Montse en la explicación

En la tabla 7.40 se muestran los elementos encontrados en las cuatro subcategorías de las formas de intervención didáctica de Montse. La explicación de Montse, según las tablas anteriormente analizadas, contiene las etapas de resolución: planteamiento del problema, análisis gráfico, resolución matemática, y luego agrega otro análisis. Pero dentro de estas etapas se observan algunas subdivisiones, según los momentos de tensión generados y observados en los cambios de representación en la explicación, totalizando seis partes, siendo la zona de mayor interacción en el análisis gráfico. Las seis partes en que se dividió la explicación de Montse según las etapas de resolución son:

- **Parte 1. El planteamiento del problema y su representación [E23_M, E24_M]**, tablas 7.30, 7.31.
- **El análisis gráfico de las variables del sistema [E25_M, E28_M]**, *del sistema para conseguir la superficie gaussiana*. Esta etapa es de alto nivel de conflicto cognitivo, tanto por el nivel de abstracción en la construcción de significado usando gráficos, y de interacción entre entidades, como por la dinámica de la profesora que es muy rápida y con muchos cambios de representación con la intención de crear el andamiaje, para realizar las conexiones y facilitar la comprensión de sus estudiantes.
 - **Parte 2: selección de la SG – uso de la libreta.** Montse sondea significados específicos en los estudiantes, “Verificar con una SG erróneamente colocada, si las líneas de campo y el diferencial de superficie tienen la misma dirección” (E25_M, E26_M). tablas 7.32, 7.33.
 - **Parte 3: selección de la SG – uso del folio-cilindro sobre el dibujo de la pizarra**, “¿y si lo coloco así? Lo que estoy buscando es este producto escalar, que los valores del ángulo no sean diferentes” (E27_M, E28_M); soportado en la visualización espacial de las entidades, verificando con preguntas la comprensión de los estudiantes, creando diferencias por contraposición, tablas 7.34, 7.35.
- **La resolución matemática [E29_M, E33_M]**.
 - **Parte 4: ¿cuánto vale el flujo?** cálculo del flujo (E29_M, E30_M), tabla 7.35.
 - **Parte 5: ¿cuánto vale la carga neta?** calcular la carga neta y resolución final (E31_M, E33_M). tablas 7.36, 7.37 y 7.38.
- **Parte 6. Análisis: ¿qué sucede si seleccionamos como superficie gaussiana, un paralelepípedo? [E34_M]**, es de análisis gráfico igual a b) tablas 7.39.

7.4.9.1 La retórica de la enseñanza.

Montse presenta la estrategia que seguirá la explicación, observada en **la primera parte** de la historia, en E23_M “Lo que tengo que hacer es conseguir una superficie gaussiana que voy a colocar aquí y evaluar el flujo de esa superficie gaussiana”, y en E24_M “porque el campo ya lo calculamos por Coulomb”.

Tabla 7.40a. Formas de Intervención de Montse. La retórica de la enseñanza. Aplicación de la ley de Gauss para hallar el campo de un plano infinito.

MONTSE: La retórica de la enseñanza. Cómo integra intelectualmente y emocionalmente, al estudiantado:			Episodios
<p>¿Hacia dónde vamos?</p> <p>Guía al estudiante en el contexto de que trata, o cómo va la clase</p>	Utilidad e importancia	Presenta la importancia de la selección de la forma y colocación de la superficie gaussiana sobre el plano, para hallar el campo con la ley de Gauss. “Lo que tengo que hacer es conseguir una superficie gaussiana que yo voy a colocar aquí y evaluar el flujo de esa superficie gaussiana”,	E23_M, E24_M
		Con la libreta y el espiral como cilindro “y en todo punto sobre la superficie del cilindro no coincide con el campo entonces no nos sirve el cilindro así”	E26_M
		“... porque el campo ya lo calculamos por Coulomb” no solamente sirve esa superficie gaussiana si yo hubiera puesto un paralelepípedo rectangular...	E34_M
	La anticipación.	“vamos a poner este plano así este plano que esta así pegado lo voy a poner así.” Primero lo representa y luego lo dibuja	E23_M
		Luego de realizar la representación con objeto y gestual para observar la dirección entre los vectores campo y superficie, lo dibuja.	E28_M
		lo que deberíamos escribir es igual al flujo a través de la tapa uno, (...), más el flujo a través de la tapa dos... y el flujo a través del cuerpo (envolvente con las manos en el aire) que es igual a cero...	E30_M
		Para la carga neta, hace primero una representación con objetos usando dos folios, para presentar a la carga neta, marcando con rotulador, golpeando el papel ¿se entiende? lo repite... ¡pah! Pah!	E32_M
		Con la pregunta Hace uso de la pregunta para anticipar o llamar la atención a lo que viene: ¿Cuál superficie es idónea?, ¿cuánto vale el flujo?	E24_M, E28_M
<p>¿Qué esperamos?</p> <p>Considera más las ideas del estudiante. Se generan tensiones</p>	Provoca controversia/ Diferencias	¿Si colocamos el cilindro así? • (estudiantes: ¡No!) y evaluamos.	E26_M
		“no nos sirve así ... ¿y así? (coloca el cilindro perpendicular a la pizarra) (estudiantes en murmullos: ¡“no”! ...) ¡nooo!, ¡tampoco!, ¡es lo mismo!”	E27_M
		Y no solamente sirve esa superficie gaussiana si yo hubiera puesto un paralelepípedo rectangular...	E34_M
Montse utiliza la representación como anticipación, primero lo representa y luego lo dibuja.			

Fuente: Elaboración propia

Montse realiza *anticipaciones usando la gestualidad y la representación*, antes de escribir o dibujar la variable en la pizarra. En **la primera parte**, E23_M, para introducir la visión del plano a estudiar: “vamos a poner este plano así este plano que esta así pegado lo voy a poner así”, Montse primero lo representa y luego lo dibuja. En **la tercera parte**, E28_M con la representación sobre la pizarra para observar la dirección entre los vectores campo y superficie, luego lo dibuja. En la **cuarta parte** en E30_M cuando adelanta el resultado del flujo en cada parte del cilindro “lo que deberíamos escribir es igual al flujo a través de la tapa uno, (...), más el flujo a través de la tapa dos... y el flujo a través del cuerpo (envolvente con las manos en el aire) que es igual a cero...”. En la **quinta parte**, para determinar el valor de la carga neta, primero lo visualiza con una representación en E32_M: “lo que tengo que tomar es esta parte que está encerrada... (sigue con el índice el círculo en el folio). por la superficie”. Hace uso de la pregunta para *anticipar* o llamar la atención a lo que viene, por ejemplo, en **la primera y tercera parte**: ¿Cuál superficie es idónea?, ¿cuánto vale el flujo? en E24_M, E28_M.

Montse utiliza la estrategia de *provocar controversia a través de la pregunta y la representación con objetos*, observada en las partes de análisis. En **la segunda parte** en E26_M “¿Si colocamos el cilindro así? (estudiantes: ¡No!) y evaluamos”, en la **tercera parte**, E27_M, “no nos sirve así ... ¿y así? (coloca el cilindro perpendicular a la pizarra) (estudiantes en murmullos: ¡“no”! ...) ¡noooo!, ¡tampoco!, ¡es lo mismo!” y en la **sexta parte** en E34_M “y no solamente sirve esa superficie gaussiana si yo hubiera puesto un paralelepípedo rectangular...”

7.4.9.2 Destaca y refuerza los significados contruidos o que van construyendo la historia.

En las estrategias de parte de *solapar idease introducir nuevos términos*, para el desarrollo de esta historia, Montse no introduce nuevos conceptos, sino que refuerza las premisas dadas y el procedimiento de análisis y desarrollo matemático para aplicar la ley de Gauss. Esta historia viene con tres premisas anteriores “1. vamos a calcular campos eléctricos ya conocidos por coulomb, pero aplicando ley de Gauss, 2. Para ello debo dibujar SG con cierta simetría, que a lo largo de la superficie el campo sea constante y que (une los índices) el ángulo que forme con el vector campo también sea constante, 3. Acaba de realizar el cálculo y mostrar el procedimiento para la varilla infinita, usando un cilindro como SG, y lo deja escrito en la primera pizarra” (puede verse en el inicio de tabla 7.30).

Tabla 7.40b. Formas de intervención de Montse. Destaca, ordena y refuerza significados. Aplicación de la ley de Gauss para hallar el campo de un plano infinito.

2. Destaca, ordena y refuerza los significados contruidos en el desarrollo de la historia			Episodios
¿Cómo organiza la clase?	solapa ideas	Trabaja la premisa “una SG con cierta simetría, que a lo largo de la superficie el campo sea constante y que (une los índices) el ángulo que forme con el vector campo también sea constante”. Buscando igual dirección entre los vectores LCE y área.	E24_M
		Y luego en E27, introduce el concepto de ángulo al relacionar las variables campo y área con el producto escalar.	E28_M
		Hace uso de la pregunta de evaluación, repetida, para dirigir la secuencia de la historia entre partes ¿cuál es la superficie idónea?, ¿cuánto vale el flujo?	E25_M E29_M
	resalta ideas claves	“y la cuestión no es solamente dar con la superficie adecuada sino colocarlo de la manera adecuada”	E25_M
		Y no solamente sirve esa superficie gaussiana si yo hubiera puesto un paralelepípedo rectangular...	E34_M
		Repite la explicación científica, resume ideas claves, repite todo en la acción.	
¿Cómo verifica la comprensión de la audiencia	Sondea significados	Realiza preguntas tipo evaluación-respuesta, que le sirven para dinamizar el clima del aula y dirigir la explicación para la comprensión “Entonces ¿Cuál superficie gaussiana es idónea? (estudiantes: “un cilindro”) “	E25_M
		entonces ¿cuánto vale el flujo?	E29_M
		Lo explica de otra manera. Chequea el consenso de los estudiantes	
	Retorna sobre las ideas.	Plano: porque nosotros sabemos por simetría que el campo eléctrico de este plano conductor ... que tiene una carga positiva...tiene que ser perpendicular al plano... ya lo calculamos a pie, por ley de Coulomb	E24_M
		“Aquel problema que hicimos primero integrando usando la línea de carga...aquí lo sacamos directamente con la ley de gauss...”	E31:M
Montse hace uso de la pregunta de evaluación, para indicar la secuencia de la historia y mantener la atención del estudiante			

Fuente: Elaboración propia

En la **segunda parte** Montse trabaja la idea de la superficie gaussiana y la *simetría* sobre el plano, analizando si tienen igual dirección los vectores área y campo, para ello *hace uso de la pregunta de evaluación para trabajar sobre las ideas de los estudiantes la repite entre partes* ¿cuál superficie gaussiana es idónea? en 24_M y E25_M. En la **tercera parte** trabaja el concepto de ángulo al relacionar las variables campo y área con el producto escalar y mantiene la secuencia con la pregunta ¿cuánto vale el flujo? en E28_M, E29_M.

Se observa la dificultad en el concepto de “flujo por partes” para los estudiantes, en la **cuarta parte** de la historia, Montse usa la repetición en la representación, en la explicación del cálculo

del flujo, usa la pregunta feedback, al final termina resolviéndolo por partes en la pizarra. En la **quinta parte** de la historia igualmente se hace difícil en los estudiantes la comprensión de la “carga neta” y Montse nuevamente recurre a la representación con objetos.

Montse *sondea significados en los estudiantes*, en la **segunda parte** en E25_M verifica la comprensión con preguntas tipo evaluación-respuesta, que le sirven para dinamizar el clima del aula y dirigir la explicación para la comprensión “Entonces ¿Cuál superficie gaussiana es idónea? (estudiantes: “un cilindro”)”. En la **cuarta parte** en E29_M entonces ¿cuánto vale el flujo?, lo explica de otra manera. Chequea el consenso de los estudiantes

Resalta ideas claves en la **segunda parte** E25_M “y la cuestión no es solamente dar con la superficie adecuada sino colocarlo de la manera adecuada” y en la **sexta parte** E34_M “y no solamente sirve esa superficie gaussiana si yo hubiera puesto un paralelepípedo rectangular...”, repite la explicación científica, resume ideas claves, repite todo en la acción.

Retorna sobre las ideas. En la **primera parte**, E24_M, con el plano “porque nosotros sabemos por simetría que el campo eléctrico de este plano conductor ... que tiene una carga positiva...tiene que ser perpendicular al plano... ya lo calculamos a pie, por ley de Coulomb”. En la **cuarta parte** en E31_M, “aquel problema que hicimos primero integrando usando la línea de carga...aquí lo sacamos directamente con la ley de Gauss...”

7.4.9.3 *Elaboración de entidades.*

En la explicación Montse elabora: la entidad del plano cargado – superficie gaussiana adecuada- el flujo a través de la gaussiana, carga neta. Las entidades (“posición correcta de la SG”, “flujo a través del cilindro”) se elaboran *lo nuevo a partir de lo antiguo*, con premisas conocidas como: líneas de campo, vector área y ángulo entre ellos. Y se construyen gradualmente.

Montse *materializa la entidad “plano”* utilizando tres recursos: a) *a través de un dibujo en secuencia*, que son varios dibujos del mismo sistema, pero con otra vista o con algún cambio, en este caso el primer dibujo con el plano espacial, se dibuja ahora la vista de perfil; b) con la libreta y c) con el folio

Tabla 7.40c. Formas de intervención de Montse. Elabora entidades. Aplicación de la ley de Gauss para hallar el campo de un plano infinito.

3. Elabora Entidades: una explicación científica recurre a protagonistas que no forman parte de los conocimientos normales.			Episodios
¿Qué entidades elabora y cómo las define?	Entidad	Montse elabora: la entidad del plano cargado – superficie gaussiana adecuada- el flujo a través de la gaussiana, carga neta	
	Lo nuevo a partir de lo antiguo	Las premisas fueron presentadas haciendo relaciones entre sí o con otras conocidas: campo eléctrico. líneas de campo eléctrico (LCE), vector área (VA), ángulo entre ellos	
		Plano: porque nosotros sabemos por simetría que el campo eléctrico de este plano conductor ... que tiene una carga positiva...tiene que ser perpendicular al plano... ya lo calculamos a pie, por ley de Coulomb	E24_M
		SG: Hace uso de las LCE, vector área, ángulo entre ellos, para analizar la posición correcta de la SG. “yo sé que las líneas de campo salen y el diferencial de área de este cilindro solamente va a coincidir con la dirección del campo eléctrico ...pero un poquito más allá, las líneas de campo y vector área coinciden aquí.”	E26_M
		Flujo eléctrico: Hace uso de las LCE, vector área, ángulo entre ellos, para analizar el flujo a través de cada tapa del cilindro, la SG. “por esta tapa, el campo eléctrico y el área van a tener el mismo ángulo, y sobre esta parte del cuerpo como todos los diferenciales de área son perpendiculares al campo eléctrico. (pausa)...entonces no hay flujo a través del cuerpo del cilindro.... solo a través de las tapas. ¿verdad?	E27_M E28_M, E31_M
		La carga neta “esa carga neta tenemos que poner en función de la densidad superficial sigma (copia) sigma es igual a (dq/dA`), exactamente ¿qué es lo que yo estoy haciendo?... donde “	E31_M
	Lo nuevo y por venir.	lo que tengo que hacer es conseguir una superficie gaussiana que yo voy a colocar aquí y evaluar el flujo de esa superficie gaussiana ...	E23_P
	se construye gradualmente	Para ayudar a construir el flujo y relacionarlo con la ley de Gauss “entonces ¿cuánto vale el flujo? ..lo que estoy pidiendo es calcular esta parte de ley de gauss(acota con las manos sobre la pizarra)”	E30_M
		el flujo total ... se limita al flujo a través de esta tapa y de esta tapa (repite los gestos para señalar las tapas del cilindro) ¿verdad? ¿okey?	E30_M
		La carga neta “toma del escritorio un folio de papel y el cilindro de papel) ...yo estoy agarrando este es mi plano cargado ... aquí está mi cilindro encerrado.... cilindro parte por afuera (coloca el papel con el cilindro de frente) y parte por este lado (coloca el papel con el cilindro de perfil) que no lo puedo atravesar ...y la carga neta encerrada es la que está ahí (se asoma por el cilindro). la carga que..”	E32_M
Describe las partes	El flujo lo hace por partes, “...es igual al flujo a través de la tapa uno, (...), más el flujo a través de la tapa dos... y el flujo a través del cuerpo...”	E30_M	
¿Cómo crea la imagen?	Materializa la entidad	Materializa el plano, con el dibujo	E23_M
		Materializa el plano, con el folio y dibuja la carga como ++++en el folio, las LCE los dedos	E24_M
		Materializa SG del cilindro con el dibujo	E25_M
		Materializa el plano, con el cuaderno con la SG del cilindro como el resorte del cuaderno	E26_M
		Materializa SG del cilindro con el folio, con el eje en y, z, x	E27_M
		Materializa el flujo dividido en partes a través del cilindro	E28_M
		Materializa la carga neta, dibujando un redondel sobre el folio	E33_M
		Materializa SG del paralelepípedo con el borrador	E34_M
Montse elabora todo, para todo concepto tiene una dinámica de representación con objetos.			

Fuente: Elaboración propia

Montse *materializa la entidad* “superficie gaussiana cilindro” utilizando tres recursos: a) con el folio en forma de cilindro sobre la pizarra (y en tres posiciones, x , y , z), b) con la espiral inserta en la libreta-plano (en y), c) con el dibujo sobre el plano de perfil (x , y , z), d) con el folio en forma de cilindro sobre un folio como plano.

Montse *materializa la entidad* “superficie gaussiana paralelepípedo” sobre el plano utilizando el borrador sobre el plano dibujado en la pizarra. Materializa flujo a través del cilindro, usando la representación del folio en forma de cilindro sobre el plano dibujado en la pizarra, y tocando con la palma cada tapa, y luego el cuerpo a medida que analiza el flujo en cada parte. (pero ese no queda tan claro). Montse materializa “la carga neta”, cuando marca con un redondel en la representación usando dos folios cilindro sobre folio-plano.

Para todas las anteriores, Montse representa “las líneas de campo”, y “el vector área” por a) con el gesto apunadores los índices, la mano en gesto narrativo, con objetos el rotulador, con el dibujo al representarlos sobre la vista del plano de perfil y el cilindro dibujado.

7.4.9.4 *Promueve aptitudes de la profesión.*

Desarrolla la visión espacial, utilizando como estrategias la descripción verbal, gestual, acción con objetos para recrear la entidad o situación. Montse se destaca trabajando *la visualización del sistema* con los estudiantes (la superficie gaussiana, el vector área, línea de campo, el plano, la carga encerrada), como ya se explicó en la sección anterior, utilizando el dibujo, y múltiples representaciones con objetos, las manos; todo para para hacerlos tangible se detallan ejemplos en la tabla 7.34d.

Desarrolla *capacidades matemáticas y matemáticas-gráficas*, cuando conecta la explicación gráfica del flujo con la ley de Gauss escrita en la pizarra (E27_M), cuando Presenta relaciones gráficas de los componentes campo, vector área de la ecuación, al dibujarlo y llamarlos escribiendo su notación vectorial, sobre el sistema del plano-cilindro dibujado en E28. En E30, E31, E33, E34 presenta el lenguaje matemático, con la resolución por pasos de la ley de Gauss, para determinar el campo.

Desarrolla esquemas coherentes de análisis. Trabaja en dos pizarras, enlazando el conocimiento construido y la expresión matemática del ejercicio anterior en E29_M. Escribe de

forma ordenada el desarrollo matemático enlazando las variables colocadas en el dibujo de análisis, con las variables de la ecuación a resolver, en E34_M.

Tabla 7.40d. Formas de intervención de Montse. Promueve aptitudes y habilidades de la profesión.

Aplicación de la ley de Gauss para hallar el campo de un plano infinito.

4. Promueve aptitudes propias de la profesión. Integra al estudiante en la forma de comunicarse dentro de su nueva comunidad intelectual.			Episodios
En la expresión matemática	Nomenclatura matemática vectorial	Utiliza correctamente la nomenclatura, y son coherentes las usadas en el desarrollo matemático, con las utilizadas o definidas en el dibujo del sistema planteado.	
		Respeto la nomenclatura vectorial. Aunque se observa poco cuidado para presentar el enunciado por escrito (no lo hizo), y en el dibujo del sistema no quedo claro al inicio, sino que se iba completando, sigma	E31_M
	Desarrolla capacidades matemáticas	Presenta la ley de Gauss escrita en la pizarra, con la representación vectorial con su nomenclatura. No solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito.	E27_M
		Presenta el lenguaje matemático, con la resolución por pasos de la ley de Gauss, para determinar E	E30, E31, E33, E34
En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación	Desarrolla la visión espacial. Utiliza estrategias (descripción verbal, gestual, acción con objetos) para recrear la entidad o situación	Presenta la imagen del Plano utilizando el dibujo en la pizarra	E23_M
		Materializa plano de perfil, con un folio, sobre el dibujo en la pizarra	E23, 27, 29, E31_M
		Da soporte a la vista espacial para rotar el plano y dibujarlo de perfil, a través del uso del movimiento del folio sobre la pizarra	E23_M
		Las líneas de campo del plano, a través de sus manos con los dedos	E24_M
		Materializa el cilindro, a través de un folio en forma de cilindro.	E25_M
		Hace tangible la imagen de la superficie gaussiana sobre el plano, colocando el cilindro de papel sobre el dibujo de la pizarra	E25_M, E27_M
		Materializa plano y cilindro, con un cuaderno de espiral	E25 E26
		Materializa las interacciones entre entidades: líneas de campo, vector campo, ángulo y vector área con el índice, sobre el objeto, dibujo	E24_M, 25,26,31
		Materializa las entidades: líneas de campo vector campo con las manos sobre el objeto, o el dibujo	E24,26, 31
		Materializa el plano y el cilindro, utilizando dos folios, para facilitar la comprensión de la carga encerrada	E32, E33
		Materializa el paralelepípedo como superficie gaussiana, y el rotulador como vector área, para analizar diferentes colocaciones sobre el plano dibujado en la pizarra.	E34_M
	Nomenclatura en el gráfico. Uso de la expresión simbólica, gráfico y vectorial	Presenta relaciones gráficas de los componentes campo, vector área de la ecuación, al dibujarlo y llamarlos escribiendo su notación vectorial, sobre el sistema del plano-cilindro dibujado.	E28_M
		Respeto la nomenclatura vectorial. Aunque faltan detalles del enunciado en el dibujo del sistema no quedo claro al inicio, sino que se iba completando, sigma	
	Desarrolla esquemas coherentes de análisis	Trabaja en dos pizarras, enlazando el conocimiento construido y la expresión matemática del ejercicio anterior	E29_M
		Escribe de forma ordenada el desarrollo matemático enlazando las variables colocadas en el dibujo de análisis, con las variables de la ecuación a resolver.	E34_M

Fuente: Elaboración propia

Utiliza valores propios de nomenclatura: en la escritura, en el gráfico, se observa en el uso correcto de la nomenclatura, que a la vez son coherentes a las usadas en el desarrollo matemático, con las utilizadas o definidas en el dibujo del sistema planteado.

Respeto la nomenclatura vectorial. Aunque se observa poco cuidado para presentar el enunciado por escrito (no lo hizo), y en el dibujo del sistema no quedo claro al inicio, sino que se iba completando, sigma (E31_M).

7.4.10 Aspectos multimodales de Montse en la explicación.

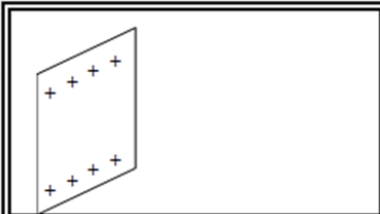
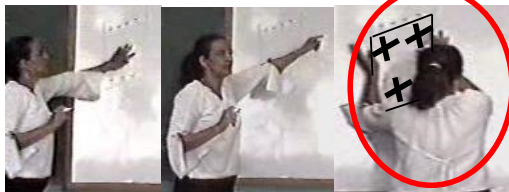

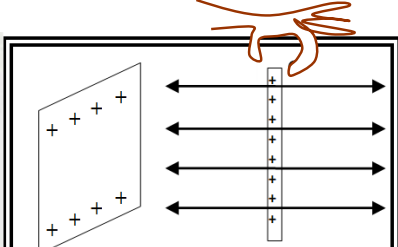
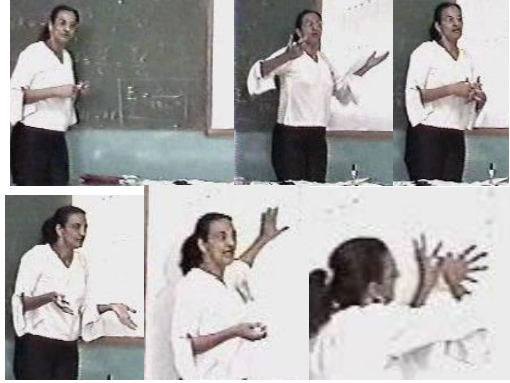



La historia de Montse, analizada desde la dimensión 3, focaliza la atención en la acción multimodal presentados en forma de tablas para organizar lo observado. Quedando este apartado organizado de la siguiente manera.

1. Puesta en Escena, subclasificada según los escenarios. Corresponde a la historia de forma muda, la puesta en escena, colocando en secuencia las imágenes que identifican las acciones destacadas durante la construcción de la historia explicativa
2. La Historia descrita desde los modos comunicativos
3. Los modos comunicativos Se representan las subcategorías de la dimensión multimodal, aplicando las categorías de modos comunicativos a las tablas de análisis de las secciones anteriores

7.4.10.1 La puesta en escena de Montse en la historia.







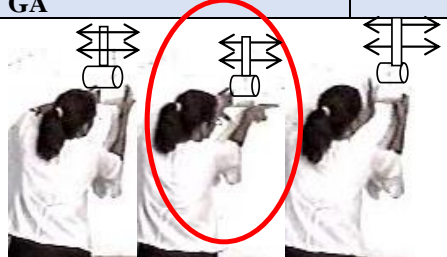

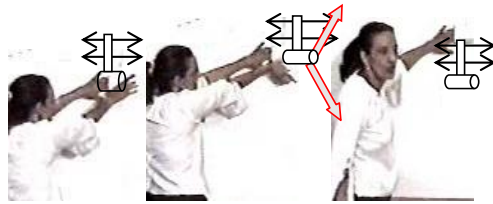
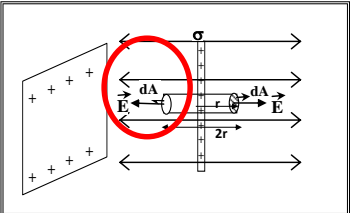
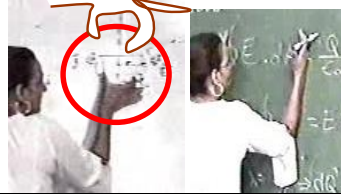

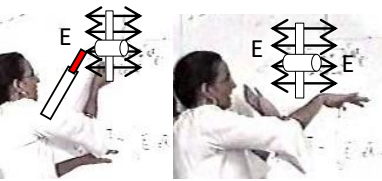

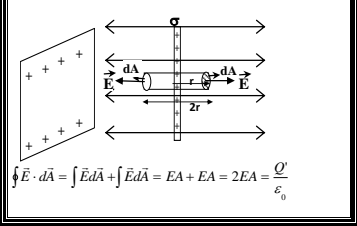
La puesta en escena resume de forma visual, la acción del profesor a lo largo de la explicación, las cuales se presentan en las tablas 7.41 a, b, c; formadas con las imágenes ordenadas de forma cronológica de izquierda a derecha. Cada imagen está identificada con: un código que resume la acción y con el episodio donde se ubica.

Tabla 7.41a. Desarrollo de los modos comunicativos de Montse. Resolución de problema: determinar el campo a una distancia r , generado por un Plano infinito conductor con densidad de carga $+\sigma$. Episodios E23_M al E34_M. tabla 1/3

DD-1: Plano carga positiva No hay título		[E23_M]	GA-2 GA-1 GA-3		[E23_M]
					
ROD-11-ROD-12: plano frente-perfil		[E23_M]	DD-2 vista de perfil DS [3d → 2d]		[E23_M]
					
GA-2, GC-7		[E24_M]	GN-7, GN-8		[E24_M]
 <p>(estira los brazos con los dedos en punta)</p>			<p>(de frente a la pizarra mueve los brazos del centro hacia fuera horizontalmente)</p> 		
ROD-13 ROG-		[E25_M]	ROG- , ROG- , ROG- ,		[E26_M]
					

Fuente: Elaboración propia

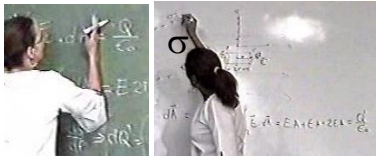
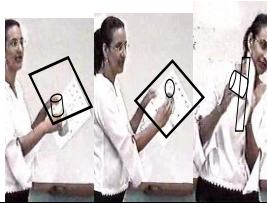





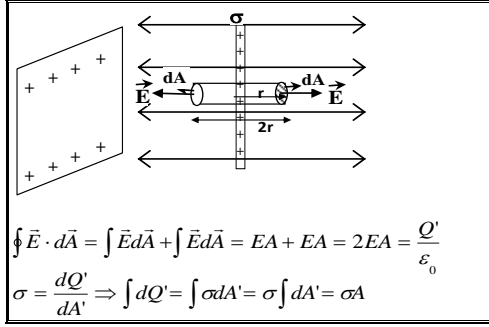

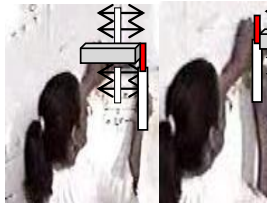

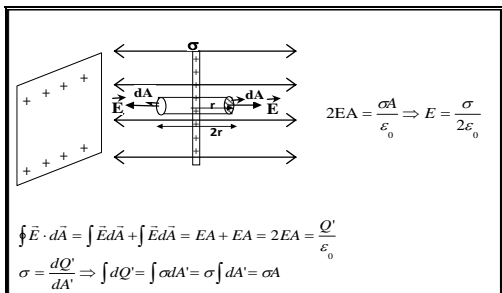
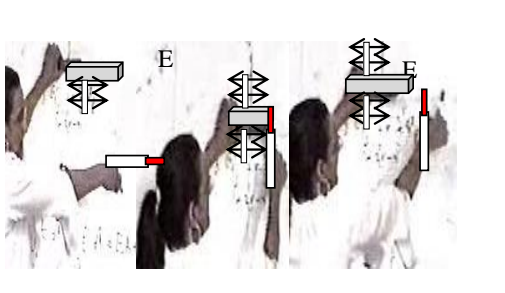
Tabla 7.41b. Desarrollo de los modos comunicativos de Montse. Resolución de problema: determinar el campo a una distancia r , generado por un Plano infinito conductor con densidad de carga $+\sigma$. Episodios E23_M al E34_M. tabla 2/3

ROGno, cilindro en el eje y	[E26_M]	ROD13-Y ROD14-Z eje y-eje z	[E27_M]
			
			
ROD15-X Cilindro en el eje x GA	[E27_M]	DD3: dibuja vectores dA, E	[E28_M]
			
			
Enlaza dibujo con la ley Gauss	[E29_M] [E30_M]	GA ROD16 GN	[E31_M]
			
	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \cdot A + E \cdot A + 0 =$		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.41c. Desarrollo de los modos comunicativos de Montse. Resolución de problema: determinar el campo a una distancia r , generado por un Plano infinito conductor con densidad de carga $+\sigma$.

Episodios E23_M al E34_M. tabla 3/3

GA GN EM	[E31_M]	Pah pah! ROG	[E32_M]
 $\sigma = \frac{Q}{A'}$			
			
ROG	[E33_M]	EM	[E33_M]
		 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int \vec{E} d\vec{A} + \int \vec{E} d\vec{A} = EA + EA = 2EA = \frac{Q'}{\epsilon_0}$ $\sigma = \frac{dQ'}{dA'} \Rightarrow \int dQ' = \int \sigma dA' = \sigma \int dA' = \sigma A$	
ROG	[E33_M]	ROD16-X	[E34_M]
			
EM	[E34_M]	ROD16-X	[E34_M]
 $2EA = \frac{\sigma A}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int \vec{E} d\vec{A} + \int \vec{E} d\vec{A} = EA + EA = 2EA = \frac{Q'}{\epsilon_0}$ $\sigma = \frac{dQ'}{dA'} \Rightarrow \int dQ' = \int \sigma dA' = \sigma \int dA' = \sigma A$			

Fuente: Elaboración propia

7.4.10.2 Modos comunicativos utilizados vs puesta en escena de Montse.

➤ **Puesta en escena en el planteamiento del problema de Montse**

La **primera parte** de la historia se muestra en la primera fila de la tabla 7.41a. En ella se presenta el dibujo inicial del problema, Montse en E23_M realiza un plano y luego señala mientras presenta el problema, y le da presencia al plano cuando lo abraza (GA-3). En la segunda fila de se presentan imágenes de la representación utilizando el folio, para materializar el plano de carga desde una posición a otra (ROD11→ROD12), para ayudar a la visión del estudiante y realizar la siguiente figura en la pizarra (un dibujo en secuencia, DS), que representa el plano en una vista de perfil. En la tercera fila Montse sigue representando los elementos del sistema, en este caso a las líneas de campo que salen del plano, resalta su gestualidad al explicar, destaca su gesto con las manos en oposición los dedos en punta (GC-7) y el gesto narrativo cuando hace primero con los dedos saliendo del plano (GN-7), y luego con las manos (GN-8) para representar el sentido y direccionalidad de las líneas de campo eléctrico.

➤ **Puesta en escena para el análisis gráfico de las variables del sistema.**

La **segunda parte** de la historia. En la cuarta fila de la tabla 7.41a) Montse inicia ¿cuál es la superficie gaussiana? Y utiliza la respuesta de los estudiantes que dicen cilindro porque acaban de resolver la varilla infinita. Que si no están pendiente pueden confundir la vista de perfil del plano con una varilla. Montse en E25_M, se presenta nuevamente con la representación con objetos sobre la pizarra, utilizando el folio ahora en forma de cilindro y lo coloca en forma vertical (ROD13-Y). pero luego se percata y pide prestado un cuaderno de espiral, y lo muestra materializando allí el plano con el cilindro en el centro (ROG-11) e inicia en E26_M una explicación descriptiva utilizando el cuaderno de espiral y representando con la mano las líneas de campo y luego con el dedo índice representando al vector área sobre la espiral. En la tabla 7.3b) continua la representación con el cuaderno y se observa como Montse coloca el índice y lo mueve sobre la espiral para indicar el vector área, llama la atención un gesto narrativo que realiza con el objeto acompañado de la mímica, simulando que se caen folios del cuaderno.

La **tercera parte** presentada en la tabla 7.41 b), se observa en la primera fila que E27_M pasa a otra representación para desarrollar la interacción espacial de las variables del plano y la superficie gaussiana en cada posición. Montse utiliza la pizarra con el folio para repetir la interacción entre campo y vector área, sobre el dibujo de la pizarra, coloca el cilindro vertical, perpendicular al plano de la pizarra, horizontal (ROD13-Y, ROD14-Z), y en cada una gestualiza con el índice las líneas de campo que ya están dibujadas y el vector área, para ir descartando

cada posición. En la segunda fila se muestra la posición seleccionada, (ROD15-X) para la gaussiana, y ahora continua E28_M indicando el comportamiento del flujo en cada parte del cilindro, en cada tapa, en el cuerpo.

➤ ***Puesta en escena para la resolución matemática de flujo, carga neta y cierre.***

En la tercera fila de la tabla 7.41 b), se presenta la **cuarta parte** de la historia con E29_M, el trabajo con la pizarra anterior, para relacionar la ecuación con lo analizado sobre el dibujo, para luego realizar el desarrollo matemático para el flujo. Luego en la **quinta parte**, a partir de E31_M inicia la explicación para definir la carga neta. En la tabla 7.41c) en las tres primeras filas se observa la actuación o puesta en escena de Montse para la **quinta parte**, definiendo carga neta, con el uso de la gestos apuntadores, conceptuales y narrativos. Se observa la representación con objetos (ROD). Y en las dos últimas filas se observa la representación que realiza en la **sexta parte**, con el borrador y el rotulador (ROD).

7.4.10.3 Resultados de la construcción de la historia de Montse

En esta sección se ha descrito la explicación de Montse, con la resolución de un problema aplicando la ley de Gauss con el propósito de aplicar la visión científica, donde se destaca la construcción de significados para la superficie gaussiana, por medio de las representaciones, donde interactúan las entidades: superficie gaussiana, campo eléctrico, líneas de campo, vector área y ángulo entre ellos. Se observa la multimodalidad de la acción para construir los significados. Montse es de hablar suave, de hablar muy cercano a los estudiantes, con mucha gestualidad a lo largo de la explicación. En este segmento, se destaca el trabajo que realiza para el análisis gráfico de las variables, que debe realizarse, para la selección de la superficie gaussiana, su colocación correcta. Igualmente existe un desarrollo interesante en la parte matemática, para luego retomar y recordar el centro del ejercicio: la superficie gaussiana, forma y colocación sobre el elemento de carga.

El propósito de la explicación. Montse, anterior a este segmento, ya ha dado ley de Gauss, y realizado un ejercicio de aplicación sobre la varilla infinita. Ahora el propósito es guiar a los estudiantes en el análisis del comportamiento del sistema formado por: el elemento de carga, superficie gaussiana, líneas de campo, diferenciales de área, vector área y ángulo entre ellos; dotando de sentido al vector área con respecto a el ángulo que forma con la línea de campo en un punto, y para ello desarrolla la entidad de superficie gaussiana. Montse da soporte al

estudiante para dar sentido, e internalizar, estos significados; explorando la visión del estudiantado, y la comprensión de sus ideas. Con especial énfasis en que el estudiante comprenda lo importante no sólo de la selección de la SG, sino también de su colocación sobre el elemento de carga. Montse brinda oportunidades al estudiante de hablar y pensar con nuevos significados científicos. A medida que la secuencia de enseñanza se desarrolla, se dirigen diferentes propósitos de enseñanza, inicialmente es de visualización y estrategia en la elección y colocación de la SG, y luego en la resolución de la expresión matemática, ayudando al estudiante a aplicar el significado científico enseñado. En la tabla 7.42 se muestra la tabla que formaliza las categorías de los modos comunicativos en la construcción de líneas de campo eléctrico y en la parte inferior se encuentra la leyenda.

Tabla 7.42. Multimodalidad de Montse en la resolución de problemas: El plano infinito

Modo Comunicativo		MONTSE: Líneas de campo eléctrico y ley de Gauss. Resolución de problemas (RP): Campo eléctrico generado por un plano conductor infinito. Episodios [E23 al E34]												
		Introducción		SG Análisis - Cilindro				Desarrollo matemático del flujo					SG Análisis	
		¿cuál SG es idónea?		El cilindro folio-Libreta		SG paralelo a X,Y,Z		Flujo		Carga neta				SG Borrador
Episodios	1min	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
Representación	ROD					Folio cilindro							Borra dor-rotula dor	
	ROG	Folio plano		Folio cilindro		Folio cilindro					Folio-folio	Folio-folio cuerpo		
Dibujo	DS-2													
	DS-1													
Enlace	R→EM													
	D→EM													
Esc.	EM													
	ENombre													
Gestual	ESVect													
	GNo													
	GC													
	GN		2x		3x	3x						3x		
	GA				3x	3x			5x	3x			6x	
Pregunta	GFtono													
	pausa						•					•	•	
V	PR			3x										
	PF							2x				2x		
	Pr			2x			2x	2x	2x					
Habla														
Episodios		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	

DS: Dibujos en secuencia. Dos vistas del sistema: DS1,DS2
D→EM, R→EM
enlaza el dibujo/representación con la expresión matemática

EM: Lenguaje matemático
EN: escribe nombre
ES: símbolo en pizarra
GA: gesto apuntador
GF: gesto marcado al hablar
GN: gesto narrativo
GNo: gesto de la onomatopeya

ROD: Rep. con objetos sobre el dibujo
ROG: Rep. con objetos, gestos y desplazamiento
Pr: Pregunta retórica, orienta la explicación
PF: Pregunta *feedback*, atenta a la reacción de la audiencia, censa clima del aula
PR: Pregunta que espera y recibe, respuesta clara de la audiencia
Pr: Pregunta retórica

Fuente: Elaboración propia

7.4.11 La representación de la construcción de la historia de Montse

7.4.11.1 La gráfica de la trayectoria narrativa

En la figura 7.4 se presenta una forma cualitativa de interpretar las tensiones creadas lo largo de los episodios [E23_M, E34_M] hasta la resolución del problema. Esta gráfica se complementa con la tabla 7.43 que describe la generación y resolución de tensiones, la cual se recomienda utilizar para una mejor comprensión. Las tensiones son generadas por la profesora, para trabajar las ideas de los estudiantes a partir de las diferencias, y destaca la relación entre las entidades elemento de carga, vector campo, línea de campo y vector área con la superficie gaussiana, donde por lo general es marcado por una representación con objeto. Se destacan los momentos de conflicto cognitivo, que a interpretación del investigador genera la explicación de Montse, con comentarios e iniciales que puedan describir la explicación, lo verbal y la multimodalidad de la actuación durante la explicación. Esta gráfica servirá de soporte a los siguientes apartados de esta síntesis, y para la comparación entre narrativas diferentes según los propósitos de la explicación, en la sección final de este capítulo.

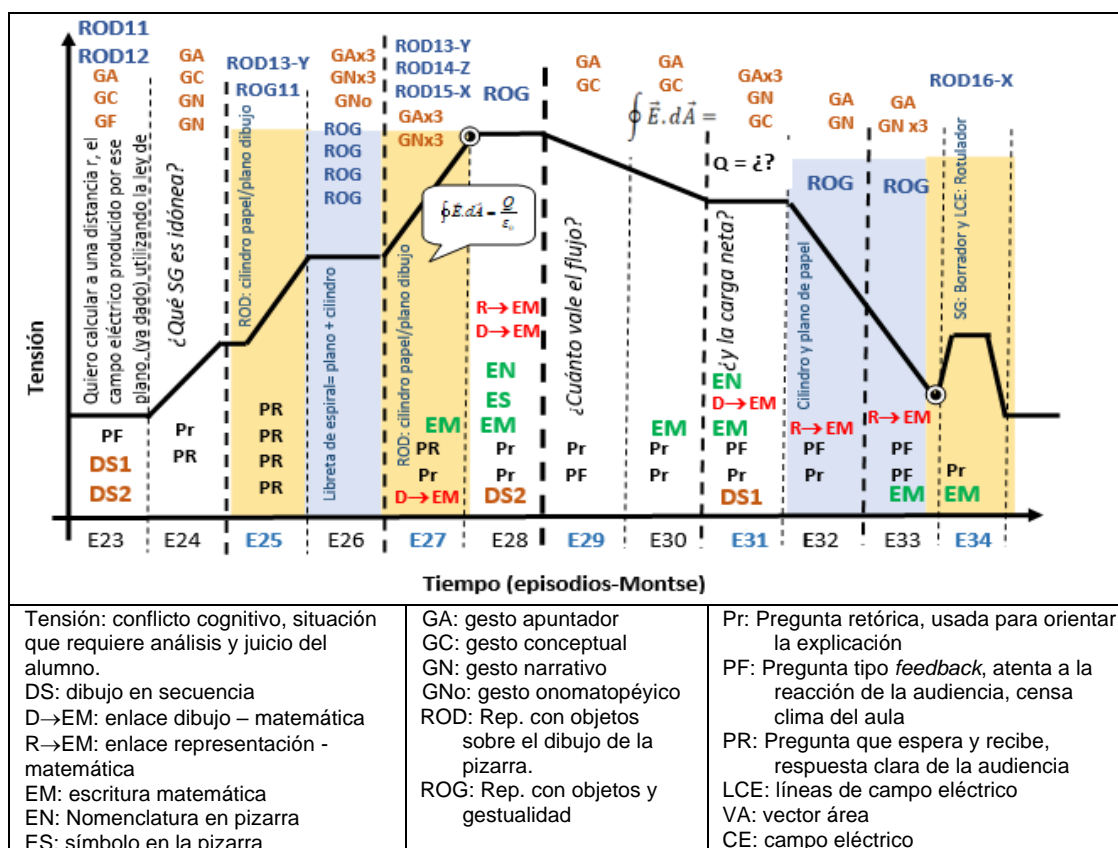


Figura 7.4. Trayectoria [E23_M, E34_M] de Montse Plano infinito.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.43. La tensión en la historia de Montse.

Historia:		Cómo se censó la tensión	Como se resuelve la tensión
El análisis gráfico de las variables del sistema [E25_M-E28_M]	Primera parte El planteamiento del problema y su representación [E23_M-E24_M], Visualiza plano y las líneas campo.	El <u>primer punto de tensión</u> lo realiza con la pregunta y el gesto narrativo. Montse inicia, una vez presentado el plano y su vista, en E24_M (tabla 7.31) cuando pregunta ¿cuál sería la superficie idónea? Pero no lo resuelve. Y genera otra cuando representa las líneas de campo en el plano dibujado, por medio del gesto narrativo para ayudar a la visualización de los estudiantes.	Con la afirmación, la repetición y el enlace a lo dado anteriormente. Al confirmar al final de E24_M tiene que ser un campo perpendicular al plano, justo perpendicular al plano, ya lo calculamos a pie por la ley de Coulomb. Son líneas perpendiculares que se alejan del plano.
	Segunda parte E25_M, E26_M Selección de SG. Visualización de SG cilindro vertical sobre el plano de perfil	El <u>segundo punto de tensión</u> lo genera la profe con una <i>dinámica de preguntas y con la representación con objetos</i> sobre la pizarra. Al inicio de E25_M , (tabla 7.32): “entonces, ¿cuál superficie gaussiana es idónea? ” y le responden: el cilindro. <u>Esta tensión continua</u> al agregar “la cuestión no es sólo dar con la superficie sino colocarla de manera correcta”. <u>Aumenta la tensión</u> , cuando <i>usa la representación con objeto del folio en forma de cilindro y lo coloca sobre el dibujo de la pizarra</i> . Para visualizar el cilindro con en el plano dibujado en la pizarra. “ Y ¿si colocamos el cilindro así? (lo coloca vertical sobre el segundo dibujo del plano) y aunque los estudiantes responden “NO!!”, igualmente realiza la representación para verificar.	<u>Y se resuelve en E26_M con otra representación con objeto Y el uso de la gestualidad</u> . Montse utiliza estos recursos <i>que le aporta más a la visión tridimensional</i> : el plano es la libreta y la espiral es el cilindro. Gestos narrativos con la palma moviéndola para ayudar a visualizar las LCE del plano en la libreta, gestos apuntes para señalar las LCE sobre la libreta, o el vector área de la espiral.
	Tercera Parte E27_M, E28_M	<u>En E27_M genera tensión</u> con la <i>representación con objetos sobre la pizarra y la gestualidad</i> , con el folio-cilindro vertical (eje y) sobre el plano de la pizarra y los dedos señalando el vector área del cilindro. Para compararlo con las líneas de campo dibujadas. <u>Sigue generando tensión con la pregunta y la representación con objeto sobre la pizarra</u> : ¿y así? (colocando el folio-cilindro con la base apoyada en a la pizarra (eje z)). <u>Sigue generando tensión con la pregunta y la representación con objeto sobre la pizarra</u> : “entonces la mejor manera es colocarlo así (colocando el folio-cilindro horizontal en a la pizarra (eje x))”.	Esta <u>la resuelve el profesor con el uso de la afirmación y la gestualidad con los índices como vector</u> “No nos sirve así, porque el área va para allá y el campo para allá (señala cada vez con el índice) sólo coincide aquí (señala)” Igual que la anterior y lo relaciona con la ecuación del flujo. “Noooo, tampoco, porque va a recibir diferentes valores <u>este</u> producto (señala el producto escalar de la ecuación de Gauss en la pizarra) ya que tiene diferentes valores de ángulo”.
			Esta <u>la resuelve el profesor con el uso de la afirmación, la gestualidad en cada una y la pausa</u> . Señala con la mano colocada sobre el cilindro cuando se refiere a las <i>tapas</i> . “Por esta <i>tapa</i> el campo eléctrico y el área van a tener el mismo ángulo” (señala con el índice como vector). Y repite con la otra tapa.
		Al finalizar E27_M , agrega resolución de tensión al problema en sí cuando conecta la representación con el flujo. “Y aquí (señala cuerpo del cilindro), como todos los diferenciales de áreas son perpendiculares al campo (con los índices señalando) entonces no hay flujo a través del cuerpo del cilindro (pausa).	
		¿Cuánto vale el flujo?	En E28_M <i>agrega el cilindro como SG al dibujo, y agrega detalle al dibujo</i> , dibuja el vector área y el vector campo en cada tapa con sus nombres. Y afirma mientras dibuja: “El campo eléctrico va así y el diferencial también en el mismo sentido”
	Cuarta Parte Flujo E29_M, E30_M	En E29_M <i>a través del uso de la pregunta retórica que le sirve de feedback para pensar la tensión</i> , ¿cuánto vale el flujo? Y no recibe respuesta.	En E30_M , <i>conecta la pregunta a la ecuación</i> , “esto es lo que quiero calcular”. Y luego de repetir “el ángulo que forman por acá es cero grados (señalando las dos tapas), el flujo total se limita al flujo a través de estas tapas” (repite los gestos) y pregunta para verificar ¿verdad? Por último, <i>resuelve matemáticamente</i> , y lo escribe en la pizarra.
	Quinta parte Carga neta [E31M, E33_M]	Pero ¿cuánto vale esa carga? Se genera tensión al finalizar E31_M Montse trata de dirigir al estudiante para resolver tensiones: “Esa carga neta tengo que ponerla en función de la densidad superficial de carga” E32_M “exactamente ¿Qué es lo que estoy haciendo?”	En E31_M, sigue resolviendo tensiones, repite y conectar la respuesta matemática, con el dibujo nuevamente, como en E30_M , usando el rotulador. y pregunta feedback ¿sí o no? Resuelve tensión finalizando E31_M, cuando une el flujo calculado, con el otro lado de la igualdad. Completando la expresión: “eso lo igualo a la carga neta dividida entre épsilon cero” <u>Resuelve tensiones, con la representación con objetos, la gestualidad y verifica con la pregunta feedback. Y la repetición</u> . En E32_M <i>resuelve con una representación con objetos (un cilindro de papel y, un folio con un círculo dibujado) para explicar el área interceptada</i> : “y la carga neta es la que está ahí () lo que tengo que tomar es esta parte encerrada ¿se entiende?”. Continúa la representación en E33_M, y repite “porque el área que está aquí es la misma de la tapa del cilindro”, coloca el cilindro sobre el círculo dibujado en el otro papel. ¿se entiende?”
	Sexta Parte ¿y si la superficie gaussiana, es un paralelepípedo? [E34_M],	Realiza el cierre matemático con la respuesta final del campo. Pero luego En E34_M <i>genera tensiones</i> “y no sólo sirve esta SG, si yo hubiese escogido un paralelepípedo serviría, ¿verdad?”	Resuelve en E34_M, con la representación con objetos sobre el dibujo de la pizarra, utilizando el borrador como el paralelepípedo y el rotulador como vector.

Fuente: Elaboración propia

7.4.11.2 *Modos comunicativos en la trayectoria narrativa de Montse.*

En la tabla 7.44 se observa la multimodalidad de Montse, en un último ejercicio de la clase, se muestran resaltados los intervalos para marcar las seis partes de su historia. Ella destaca con un dibujo en secuencia, dos dibujos del mismo sistema representados uno en el espacio y el segundo en dos dimensiones con una vista de perfil. Montse destaca por su gran gestualidad y alta representación. A diferencia de los otros profesores, Montse en esta historia, no presenta nada escrito al principio, lo que hace que falten alguna variable en su dibujo, que ha descrito pero que no lo materializa en el dibujo, sino tardíamente cuando ya está en la resolución matemática.

En la tabla se resaltan dos repeticiones con objeto y gestualidad sobre el dibujo (ROD), la primera es una repetición sencilla, y la última es la representación, pero usando otros objetos.

Los modos comunicativos en este capítulo se introdujeron para brindar soporte a las categorías pedagógicas, en el análisis de tensiones para la construcción de la *gráfica de trayectoria narrativa* de la clase. En el capítulo siguiente sobre flujo eléctrico y ley de Gauss, se hará un análisis más detallado de los modos comunicativos y su interacción, donde se incluye este segmento explicativo de Montse.

Tabla 7.44. Multimodalidad de Montse en la resolución de problemas: El plano infinito

Modo Comunicativo	MONTSE: Líneas de campo eléctrico y ley de Gauss. Resolución de problemas (RP): Campo eléctrico generado por un plano conductor infinito. Episodios [E23 al E34]												
	Introducción		SG Análisis - Cilindro				Desarrollo matemático del flujo					SG Análisis	
	¿cuál SG es idónea?		El cilindro folio-Libreta		SG paralelo a X,Y,Z		Flujo		Carga neta			SG Borrador	
Episodios Imin	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
Representación	ROD				Folio cilindro							Borrador-rotulador	
		Folio plano	Folio cilindro	Folio cilindro	Folio cilindro								
Dibujo	DS-2												
Enlace	R→EM												
	D→EM												
	EM												
Esc.	ENombre												
	ESVect												
Gestual	GNo												
	GC												
	GN		2x		3x	3x					3x		
	GA				3x	3x		5x	3x			6x	
V	GFono												
	pausa												
Pregunta	PR			3x									
	PF						2x				2x		
	Pr			2x		2x	2x	2x					
Habla													
Episodios	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	

DS: Dibujos en secuencia. Dos vistas del sistema: DS1,DS2
D→EM, R→EM
enlaza el dibujo/representación con la expresión matemática

EM: Lenguaje matemático
EN: escribe nombre
ES: símbolo en pizarra
GA: gesto apuntador
GC: gesto conceptual
GF: gesto marcado al hablar
GN: gesto narrativo
GNo: gesto de la onomatopeya

ROD: Rep. con objetos sobre el dibujo
ROG: Rep. con objetos, gestos y desplazamiento
Pr: Pregunta retórica, orienta la explicación
PF: Pregunta *feedback*, atenta a la reacción de la audiencia, censa clima del aula
PR: Pregunta que espera y recibe, respuesta clara de la audiencia
Pr: Pregunta retórica

Fuente: Elaboración propia

7.5 Resultados.

La historia presentada en este capítulo muestra cómo interactúan entre sí y se relacionan, los conceptos científicos para crear un significado cada vez de mayor complejidad a nuestras premisas donde aparecen: líneas de campo eléctrico, superficie gaussiana, vector área, resolución de problemas usando la ley de Gauss, carga eléctrica, perpendicularidad, simetría, hasta campo magnético y líneas de campo magnético que no se han visto aún. Todo a través de la construcción de un escenario, y la interpretación de actores que son nuestras premisas, nuevas o que están por conocer.

Los resultados serán discutidos con énfasis en los aspectos didácticos y las gráficas de trayectorias narrativas de las clases analizadas. A continuación, el orden de los resultados presentados:

1. Aspectos didácticos. Se presentan los resultados comparando las tres síntesis tabuladas de la forma de intervención que son:
 - La retórica en el aula. El *engagement* con la audiencia. Cómo integra intelectualmente y emocionalmente, al estudiantado, hace la audiencia receptiva y preparada al discurso que vendrá.
 - Cómo mantiene el desarrollo de la historia. Da presencia a los significados contruidos. Mantiene el orden conceptual, refuerza significados, regresa sobre conceptos contruidos en clases anteriores.
 - La elaboración de entidades: A menudo, una explicación científica necesita recurrir a protagonistas que no forman parte de los conocimientos normales.
 - Cómo promueve habilidades propias de la profesión. Interviene desarrollando actividades que lo integran en la forma de comunicarse dentro de su nueva comunidad intelectual. (alfabetización profesional).
2. Cómo es la trayectoria narrativa, según el propósito de la explicación.
3. La utilidad de las líneas de campo

7.5.1 Aspectos didácticos de los profesores

En las tablas 7.45, 7.46, 7.47 y 7.48 se presenta de manera comparada los aspectos didácticos de los tres profesores en las cuatro subcategorías, respectivamente: a) la retórica, b) el guion de la historia, c) elabora entidades y d) promueve habilidades profesionales. En los apartados siguientes se describen los elementos característicos encontrados en cada una de ellas.

7.5.1.1 La retórica en el aula, cómo el profesor integra a la audiencia al discurso de la historia.

La historia se va hilando por el profesor en función de una narración central, inicialmente planificada, que se va redirigiendo según la observación durante la interacción del profesor dentro del aula entre lo dado y la audiencia. Es el uso permanente de ese *feedback* que buscan los tres profesores para continuar o redirigir su explicación. **Laura**, por ejemplo, durante la explicación, que es de tan rápido hablar y tan detallada con la pizarra, utiliza: las pausas a veces imperceptibles, el recorrido con la cabeza tipo faro: izquierda, centro y derecha, utiliza la pregunta retórica que no espera respuesta, pero que le da el tiempo para hacer el *feedback* o la *medición del clima de su audiencia*. De ellos, se destaca en el apartado 7.2.4, donde se observó la importancia que da el profesor a la respuesta visual de los estudiantes a su explicación; cuando gira y mira al alumnado esperando respuesta y la toma rápida de decisiones generadas por el profesor, para redirigir su discurso tomando siempre en cuenta al auditorio y buscando la comunión del auditorio con su discurso; discurso que siendo inicialmente del tipo magistral existe un proceso dialógico muy propio del aula universitaria.

El profesor **Pere** en la dinámica de su historia, utiliza el *feedback* de la audiencia, usa la interacción y una estrategia que lo caracteriza: dibuja muy bien, pero no copia todo. Se asume que esta estrategia se fundamenta, en el uso continuo de tareas en donde les pide investigar en los libros. A diferencia de Laura que quizás copia todo lo que dice, Pere es más pausado y su estrategia es escuchar a sus estudiantes y esperarlos, esto se nota en las largas pausas en su explicación, con el fin de “tenerlos justo al lado” en cuanto a la atención a su historia. Pere deja vacíos que le sirven de *feedback* para verificar luego con sus estudiantes. En la interacción con sus estudiantes, resalta la última representación donde los involucra como participantes en la representación del cubo, como si estuviesen dentro. Aquí viene la importancia de saber hacia dónde mira el profesor mientras habla y qué información obtiene con esta acción. El profesor

mira hacia el alumnado, hacia sus caras y directamente a los ojos. Mantiene en todo momento sus sentidos el oído y el contacto visual que es muy importante en la búsqueda de la adhesión, aunque sea tan sólo durante unos pocos segundos.

Montse se observa que está en un nivel de interacción más avanzada y cercana con los estudiantes. Se observa que Montse trae una información de lo que les cuesta ver a los estudiantes cuando se disponen a aplicar la teoría, esto lo hace cuando dirige las preguntas como *feedback*, muchas veces recibe respuestas y luego se dispone a construir un escenario para responder esa pregunta o para justificar por qué no es correcta la afirmación anterior. Utilizando una alta interacción con los estudiantes en su hacer, Montse crea esa atmosfera del aula como unidad que el profesor tanto busca, que percibe, aunque no logre describirla.

La acción del docente de mantener el contacto visual le provee de información que le servirá en el redireccionamiento del discurso, a través del *feedback*. Si el profesor establece un contacto visual con alguien, ese alguien, probablemente le ofrecerá pequeños indicios positivo (asentimientos, miradas, gestos, no levantan la mirada del cuaderno, mirada perdida en la pizarra, preguntas entre ellos por muy largo tiempo, etc.), que le servirá de referencia para *captar* la comprensión de su discurso, de que existan alumnos que se encuentren confusos, aunque no pregunten, y que le indique cambiar el curso del discurso, agregando ciertas figuras retóricas como el uso de las preguntas retóricas, para fomentar las reacciones del alumnado.

➤ **Hacia dónde vamos.**

- *La apertura de la clase.* Según el propósito se observa la apertura al tema, en la profesora Laura y es porque está justo al inicio de la construcción de la historia que coincide con el inicio de la clase, Pere y Montse, sin embargo, en el momento de sus historias están cerrando la clase.
- *Presenta la utilidad e importancia de la estrategia que sigue en la explicación.* Los tres profesores toman en cuenta presentar al estudiante la importancia de la estrategia, lo que ayuda al estudiante a contextualizar la explicación. Montse y Pere en la importancia de seleccionar la superficie gaussiana, Montse agrega a demás que no sólo es la forma geométrica sino la colocación sobre la carga. Laura resalta la importancia de las líneas de campo en la descripción del campo eléctrico.
- *Realiza anticipaciones de contenido:* Laura se distingue por realizar las conexiones del tema con otras premisas (líneas de campo magnético y campo magnético) que verán más

adelante. Los tres profesores, anticipan lo que viene, cuidando la atención del estudiante y con la intención de atraparlo en el desarrollo de la historia.

- *La anticipación, usando títulos, y esquemas.* Resalta Laura, por su rigurosidad de mantener todo escrito y dibujado, usando títulos, nomenclatura, simbología vectorial, redactando definiciones, características. Pere al igual que Laura, es cuidadoso en escribir el título de la actividad que van a realizar, concepto, enunciado del ejemplo o problema, y de respetar la nomenclatura en el gráfico, el título y el desarrollo matemático. La profesora Montse, al menos en esta historia, no apoya todo su discurso verbal con la escritura en la pizarra, no hay títulos, ni enunciado, ni el cuidado de plantear el sistema inicial y sus variables como lo hizo Pere.

➤ **Qué esperamos. Provoca controversia/ diferencias.**

- **¿Qué sucede si ...?** Los tres profesores toman en cuenta esta estrategia. Laura lo hace al representar el imaginario de las líneas de campo antes de dibujarlas, y luego con la cartuchera como unidad de área, para que observen el cambio al desplazar la cartuchera por las líneas de campo. Pere igual cuando pregunta, que sucede si escoge el cubo como superficie. En esta característica la más resaltante es Montse, quien trabaja de forma muy cercana a los estudiantes y realiza muchas transformaciones, que no permiten que se distraiga el estudiante.
- **Imagínate esto.** Igual al anterior, los tres utilizaron representaciones del imaginario apoyados con objetos, donde por lo general los dedos guiaban la representación de las líneas de campo o el vector área. En este caso resalta Pere con dos representaciones con imaginario, primero la mímica dónde el personifica a la carga puntual, y la segunda donde representa un escenario con la carga puntual en el centro del aula, con las paredes, techo y suelo del aula como el cubo y luego imaginar las líneas de campo, el vector área y el ángulo entre ellos.
- **¿Nada para explicar?** Es hacer que algo que parece obvia se convierta en algo que necesita explicación. Laura utiliza esta estrategia, para destacar que, aunque parezca obvio que las líneas de campo sean abiertas, agrega una comparación con las líneas de campo magnético. Pere, lo hace cuando dice que, “aunque parezca insignificante sacar al campo de la integral...”, y luego lo explica. Montse explica todo, desde lo erróneo para llamar la

atención y clarificar porqué es errónea, en este caso la colocación de la superficie gaussiana...

- Compartiendo ideas. Pere tiende a realizar comentarios generales a final de clases, como cierre. Laura comenta que es bueno escribir y enumerar las cosas para facilitar la memorización.

Tabla 7.45 –Comparando la retórica de la enseñanza de los tres profesores

<p align="center">La retórica de la enseñanza en el aula. Cómo integra intelectualmente y emocionalmente, al estudiantado:</p>				
Estrategia/Profe		Laura	Pere	Montse
¿Hacia dónde vamos	<i>Vamos juntos. La apertura de la clase</i>	inicia recordando las actividades realizadas en la clase anterior	-	-
	<i>Presenta la utilidad e importancia de la estrategia que sigue</i>	Si	Si	Si
	<i>La anticipación, usando títulos</i>	Utiliza Título, y describe todo por escrito	Utiliza título y Escribe el enunciado del ejemplo	No coloca título ni enunciado del problema.
	<i>Anticipación, con pregunta retórica</i>	Si	-	-
	<i>La anticipación de contenido.</i>	Si. Presenta conceptos de otra unidad temática.	Si	Si
¿Qué esperamos? Provoca controversia/Diferencias	<i>¿Qué sucede si ...?</i>	SI. Inicia con ROG y ROD con la cartuchera como unidad de área	Si. ROIG con el aula como el cubo y la carga en el centro del aula	Si. Con las múltiples representaciones con objeto. ROG, ROD
	<i>Imagínate esto.</i>	Si	Si. Utiliza la representación del imaginario, con la mímica en la pizarra, o al estudiantado dentro de un cubo, con la carga en el centro	Si
	<i>¿Nada para explicar?</i>	Si. Además, utiliza la estrategia de explicar por contraposición, desde lo erróneo.	Si.	
	<i>compartiendo ideas</i>	Si	Si	-

Fuente: Elaboración propia

7.5.1.2 Destaca, ordena y refuerza significados

Los tres profesores, dan presencia a los significados construidos, mantienen el orden conceptual al introducir términos, refuerzan significados, resaltan ideas claves, regresan sobre conceptos construidos y sondean la comprensión de los estudiantes.

➤ Cómo organiza la clase

- **Selecciona ideas**, destacan Laura y Pere, dejando las ideas principales en la pizarra escritas, sobre el dibujo, o en el desarrollo matemático.
- **Resalta ideas claves**. Laura utiliza mucho la repetición para resaltar, la entonación es como la de hacer dictado para que copien, marca cada palabra con gestualidad marcada en la boca, y la mano en gesto beat, acompasada con lo que dice. Los otros profesores resaltan las ideas en la explicación.
- **Solapa ideas**, interrelaciona ideas/conceptos, introduce un nuevo termino, diferencia entre ideas, se generan tensiones. Laura hace uso de la pregunta retórica, para llamar la atención a lo que viene, y de esa forma conecta a los estudiantes, con los nuevos conceptos en especial las propiedades de las líneas de campo eléctrico. Pere igualmente introduce la superficie gaussiana. Montse para introducir ideas va realizando preguntas de evaluación.

➤ Cómo verifica su comprensión.

- **Sondea significados en los estudiantes**. Laura es la que da más información utilizando tipos diferentes de preguntas, quizás porque es el tema introductorio del tema de líneas de campo. Laura recibe el *feedback* con la mirada muy característica dirigiendo la cabeza para hacer énfasis, y el uso de las *preguntas retóricas*; que le hacen censar a la audiencia, monitoreando tensiones en la comprensión de la explicación, para continuar, regresar o redirigir la explicación. Realiza *preguntas tipo guiadas*, donde ya ella dio la respuesta, pero las realiza para que el estudiante conteste, con el objeto de a) dinamizar al estudiante y verificar su atención (estimula la atención del estudiante) o b) para dirigirlo a un nivel de pregunta más compleja. realiza *preguntas de evaluación*, esperando respuesta, para continuar si hay confirmación. Lo explica de otra manera. Chequea el consenso de los estudiantes.

Pere realiza preguntas para conocer la comprensión sobre lo representado, si lo visualizan: “¿cierto o falso?, ¿lo pueden imaginar? ¿tienen un poquito de abstracción?, imagínense un cubo, ... ¿lo pueden ver?”, o preguntas para que lo acompañen en el desarrollo matemático: “¿cuánto me da esa integral?” “¿Qué les parece?”

Montse, realiza preguntas de evaluación respuesta, que le sirven para dinamizar el clima del aula y dirigir la explicación para la comprensión “Entonces ¿Cuál superficie gaussiana es idónea?” o para que intervengan en el desarrollo matemático, “y entonces ¿cuánto vale el flujo?”

Tabla 7.46 –Comparando el desarrollo de la historia de los tres profesores

<i>Destaca ordena y refuerza los significados.</i> <i>¿Cómo mantiene el desarrollo de la historia?</i>				
<i>Estrategia/Profe</i>		<i>Laura</i>	<i>Pere</i>	<i>Montse</i>
<i>¿Cómo organiza la clase?</i>	<i>selecciona ideas,</i>	las ideas principales las escriben en la pizarra, sobre el dibujo, o en el desarrollo matemático.	las ideas principales las escriben en la pizarra, sobre el dibujo, o en el desarrollo matemático.	
	<i>Resalta ideas claves</i>	utiliza mucho la repetición para resaltar, la entonación es como la de hacer dictado para que copien, marca cada palabra con gestualidad marcada en la boca, y la mano en gesto beat, acompasada con lo que dice.		
	<i>Solapa ideas, introduce nuevo termino,</i>	hace uso de la pregunta retórica, para llamar la atención a lo que viene, y de esa forma conecta a los estudiantes, con los nuevos conceptos	introduce la superficie gaussiana	realiza preguntas de evaluación para introducir ideas.
<i>¿Cómo verifica su comprensión?</i>	<i>Sondea significados en los estudiantes.</i>	Por medio de la pregunta retórica, realiza feedback, que la lleva a redirigir y realizar preguntas tipo guía y preguntas de evaluación-respuesta	Utiliza la pregunta retórica y la de feedback para conocer la comprensión sobre lo representado: “¿cierto o falso?, ¿lo pueden imaginar? o preguntas para que lo acompañen en el desarrollo matemático: “¿cuánto me da esa integral?” “¿Qué les parece?”	realiza preguntas de evaluación respuesta, para mantener activa a la audiencia
	<i>Retorna sobre las ideas.</i>	Los tres profesores, enlazan la actividad con los conceptos pasados y a menudo, se regresan a un punto anterior de la misma explicación y lo repiten.		

Fuente: Elaboración propia

- **Retorna sobre las ideas.** Los tres profesores, enlazan la actividad con los conceptos pasados y a menudo, se regresan a un punto anterior de la misma explicación y lo repiten.

7.5.1.3 La elaboración de entidades:

Los tres profesores, elaboraron entidades. Laura elaboró las líneas de campo, y la unidad de área transversal. Pere elaboró la entidad “superficie gaussiana” para el flujo en superficie cerrada. Montse elaboró las entidades: plano cargado, superficie gaussiana, flujo a través del cilindro, y carga neta encerrada.

➤ Qué entidades elabora y cómo las define.

- **Lo nuevo a partir de lo antiguo.** Interacción con premisas conocidas. Los tres profesores soportaron estas construcciones en la materialización de entidades anteriores. Laura con carga eléctrica y vector campo eléctrico, Montse y Pere con: las líneas de campo, campo eléctrico, vector área y ángulo entre ellos.
- **Lo nuevo con lo por venir.** Laura relacionó la entidad línea de campo y campo eléctrico, con líneas de campo magnético y campo magnético; además de introducir nuevo vocabulario: circulación del campo, campo uniforme, fuente y sumidero. Pere relaciona la selección de la superficie gaussiana, con el paso siguiente que es la resolución de la integral de flujo en la ley de Gauss al igual que Montse.
- **Se construye gradualmente.** Los tres profesores presentan un orden coherente en la elaboración de la entidad, definición, descripción, las partes. Llama la atención que los tres resaltan lo que NO DEBE SER, Laura cuando lo dice y lo dibuja para enfatizar que no es correcto una línea de campo eléctrico cerrada en electrostática; Pere cuando destaca que el cubo no puede ser una forma de superficie adecuada para resolver la integral; y Montse con que complementa lo de Pere al decir, que para la superficie gaussiana, no basta con seleccionar la forma adecuada la superficie sino también cómo se coloca sobre el elemento de carga, y lo demuestra colocándolo de manera incorrecta.
- **Describe las partes.** Los tres lo hacen, pero llama la atención Montse quien elabora el flujo eléctrico, descomponiendo por partes al cilindro y estudiándolo para cada parte.

➤ **Cómo crea la imagen**

- **Materializa la entidad a través de un dibujo**, una representación del imaginario, una representación con objeto.

Laura en las líneas de campo, inicia con una descripción verbal de las líneas de campo, apoyada en la escritura luego lo representa gestualmente con los brazos o con los dedos (“pegaditas, separadas”) pero no es sino cuando lo dibuja y le agrega elementos conocidos, que los estudiantes empiezan a comprender y a partir de allí toda la explicación acompaña el desarrollo del dibujo. Laura materializa las líneas de campo con los brazos siguiendo el dibujo de carga positiva a carga negativa, o sólo con el brazo extendido apuntando con el índice. En su discurso, con el dibujo y gestualidad, materializa el concepto de tangente y al vector campo eléctrico en modulo, dirección y sentido.

Laura y la unidad de área transversal, utiliza la representación con objetos para materializarla en una cartuchera o *plumier* y con el brazo como línea de campo, luego utiliza la representación con objeto sobre el dibujo de la pizarra.

Pere materializa a la esfera como superficie gaussiana, a través de la realización de un buen dibujo, de gran tamaño, bien trazado, limpio y agregando colores. Sin embargo, para facilitar la visión espacial de las variables líneas de campo y vector área dibujadas en el plano de la pizarra, Pere realiza una representación del imaginario (mímica), colocándose frente al dibujo, siendo él ahora la carga y moviendo los brazos como si fuesen las líneas de campo. Pere presenta al diferencial de área en el dibujo y su correspondiente vector de área y lo relaciona con las líneas de campo inicialmente dibujadas y luego con los brazos de forma espacial “¿te lo imaginas? ¿tienes un poquito de abstracción?” y lo dramatiza quedándose con los brazos abiertos en pausa sobre el dibujo.

Pere materializa al cubo como superficie gaussiana, y ahora coloca la carga puntual en el medio del aula, y describe las paredes y techo como el cubo. Pere resalta por su movimiento con los brazos, y su gran desplazamiento (por lo general es de actuar pausado) para darle presencia al cubo, a las líneas de campo saliendo de la carga imaginaria, al vector área, y analizar el ángulo que forman.

Tabla 7.47 –Comparando la elaboración de entidades por los tres profesores

<i>Elabora entidades. ¿Cómo construye los nuevos conceptos?</i>				
<i>Estrategia/Profe</i>		Laura	Pere	Montse
<i>Qué entidades elabora y cómo las define.</i>	<i>Entidades elaboradas</i>	Líneas de campo eléctrico Unidad de área transversal	Superficie Gaussiana y su selección	Superficie Gaussiana, su colocación –Flujo a través del cilindro - Carga neta
	<i>Lo nuevo a partir de lo antiguo.</i>	Laura con carga eléctrica y vector campo eléctrico, Montse y Pere con	Realizan las conexiones entre superficie gaussiana y: las líneas de campo, campo eléctrico, vector área y ángulo entre ellos.	
	<i>Lo nuevo con lo por venir.</i>	relaciona la entidad línea de campo y campo eléctrico, con líneas de campo magnético y campo magnético; además de introducir nuevo vocabulario: circulación del campo, campo uniforme, fuente y sumidero.	Pere y Montse, relaciona la selección de la superficie gaussiana, con el paso siguiente que es la resolución de la integral de flujo en la ley de Gauss	
	<i>se construye gradualmente Definición, descripción.</i>	Si. resalta lo que NO DEBE SER, Laura cuando lo dice y lo dibuja para enfatizar que no es correcto una línea de campo eléctrico cerrada en electrostática, por ejemplo, o las líneas de campo no se cruzan y lo dibuja.	Si. resalta lo que NO DEBE SER, Pere cuando destaca que el cubo no puede ser una forma de superficie adecuada para resolver la integral.	Si. resalta lo que NO DEBE SER, Montse colocando la gaussiana con la posición incorrecta, que complementa lo de Pere al decir, que para la superficie gaussiana, no basta con seleccionar la forma adecuada sino también la colocación en el elemento de carga, y lo demuestra.
	<i>Describe las partes</i>	Si	Si	Si. Montse destaca cuando elabora la entidad “flujo eléctrico a través del cilindro”, lo descompone en partes al cilindro y analiza el flujo para cada parte.
<i>Cómo crea la imagen</i>	<i>Materializa la entidad</i>	La gestualidad, un dibujo que se va desarrollando junto con la explicación.	El dibujo grande muy bien realizado. La mímica Yo soy la carga y mis brazos las líneas de campo	múltiples representaciones con objeto. Materializa el plano cargado a través del dibujo, luego utilizando el folio y usando una libreta.
		La unidad de área utilizando la representación con objeto repetida, sola y sobre la pizarra.	El cubo como superficie gaussiana (SG) usando la representación del imaginario,	SG cilindro , con un folio en forma de cilindro, luego en espiral de la libreta-plano, y luego en la pizarra. SG paralelepípedo rectangular a través del borrador. Carga neta usando los folios plano cilindro, y dibujando la unión con un marcador. Flujo por partes, con dos folio plano-cilindro

Fuente: Elaboración propia

Montse materializa tooooooo. Una de las fortalezas de Montse, es su cercanía a los estudiantes y su gran capacidad de representación. Montse materializa el plano cargado a través del dibujo, luego utilizando el folio y usando una libreta de una estudiante. Materializa al cilindro como superficie gaussiana, primero con un folio de papel en forma de cilindro, luego como el espiral de la libreta-plano, y luego dibujado en la pizarra. Materializa al paralelepípedo rectangular como superficie gaussiana a través del borrador. Materializa la carga neta encerrada por el cilindro en el plano cargado, usando los folios plano cilindro, y dibujando la unión con un marcador. Materializa al flujo en cada parte del cilindro con la representación folio plano y folio cilindro y la gestualidad con sonido “pah, pah”.

7.5.1.4 *Cómo promueven habilidades propias de la profesión.*

Interviene desarrollando actividades que lo integran en la forma de comunicarse dentro de su nueva comunidad intelectual (alfabetización profesional).

➤ En la expresión matemática

- ***Valores propios de rigurosidad en la nomenclatura: en la escritura, en el gráfico.*** Laura con su actuación le da importancia y valora la rigurosidad de la notación vectorial con la flecha sobre el nombre que identifica al vector, al expresarse por escrito, en el título, en las variables del dibujo, para ella no solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito, se observa la importancia de colocar nombre a los vectores, acción descuidada en los estudiantes.

Pere coincide con Laura en la importancia que le da en su hacer al uso de la notación vectorial y lo agrega al dibujo con las variables del sistema, se agrega la redundancia descriptiva al realizar el dibujo si es espacial, le escribe “su nombre descriptivo” al lado. Ej. la esfera, la dibuja y lo coloca de forma escrita, para evitar confusión, respeta la escritura vectorial y la diferencia cuando se trata del módulo del vector, al igual que Laura no solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito, realiza la resolución matemática hasta el final y remarca la respuesta.

Montse, utiliza correctamente la nomenclatura, y son coherentes las usadas en el desarrollo matemático, con las utilizadas o definidas en el dibujo del sistema planteado. Respeto la nomenclatura vectorial. Aunque se observa poco cuidado para presentar el enunciado por

escrito (no lo hizo), y en el dibujo del sistema no quedo claro al inicio. Sin embargo, en la medida que va desarrollando matemáticamente verifica y agrega los elementos en el dibujo, como la densidad de carga, sigma.

- **Desarrolla capacidades matemáticas.** **Pere**, se expresa correctamente de forma matemática, coloca la expresión inicial, la enlaza del contenido anterior, e interactúa gestualmente para la visualización de las variables. **Laura** en su historia realiza un análisis cualitativo que es muy difícil para los estudiantes expresar que están más acostumbrados a una ecuación o a valores numéricos, donde expresa relaciones de mayor o menor intensidad del campo eléctrico entre regiones; y aunque no amerita desarrollo matemático, utiliza el lenguaje matemático en las propiedades, como "proporcional a" o la expresión de la densidad de líneas de campo. **Montse** presenta el lenguaje matemático, con la resolución por pasos de la ley de Gauss, para determinar E.

➤ **En habilidades de expresión visual y gráficas**

- **Desarrolla la visión espacial.** Cómo ya se resaltó en el punto anterior, los tres profesores tienen como objetivo de su clase: la visualización de los conceptos, entidades y su interacción. Se destaca la acción de Montse al realizar primero una representación con objetos sobre la pizarra, con el folio sobre el plano dibujado para realizar la secuencia con el folio de perfil, y llegar al dibujo del plano de perfil; así da soporte a la vista espacial para rotar el plano y dibujarlo de perfil, a través del uso del movimiento del folio sobre la pizarra
- **Desarrolla valores propios de nomenclatura en la expresión gráfico matemática y vectorial.** Gráficamente **Laura**, trabaja el concepto de tangente, y el vector campo: representándolo gráficamente y destacando modulo, dirección y sentido. Utiliza la representación vectorial con su nomenclatura. No solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito. **Pere** trabaja con la imagen y con la ecuación, y las variables de la ecuación aparecen en el dibujo, señalando relaciones de las variables de la ecuación, con ayuda del sistema dibujado. Se expresa correctamente de forma matemática, coloca la expresión inicial, la enlaza del contenido anterior, e interactúa gestualmente para la visualización de los vectores, la superficie, el ángulo, y puedan hacer las conexiones gráfico-matemático. **Montse** presenta la ley de Gauss escrita en la pizarra, con la representación vectorial con su nomenclatura. No solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito. Presenta relaciones gráficas de los componentes campo, vector área de la ecuación, al dibujarlo y llamarlos escribiendo su notación vectorial, sobre el sistema del plano-cilindro dibujado.

Tabla 7.48 –Cómo los profesores promueven aptitudes propias de la profesión

<i>Promueve aptitudes propias de la profesión. Integra al estudiante a la forma de comunicarse dentro de su nueva comunidad intelectual.</i>				
Estrategia/Profe		Laura	Pere	Montse
En la expresión matemática	<i>Valores propios de rigurosidad en la nomenclatura: en la escritura, en el gráfico</i>	Laura con su actuación le da importancia y valora la rigurosidad de la notación vectorial con la flecha sobre el nombre que identifica al vector, al expresarse por escrito, en el título, en las variables del dibujo, para ella no solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito, se observa la importancia de colocar nombre a los vectores, acción descuidada en los estudiantes.	Pere coincide con Laura en la importancia que le da en su hacer al uso de la notación vectorial y lo agrega al dibujo con las variables del sistema, le da importancia a colocar nombre a los vectores, utiliza la redundancia descriptiva para evitar confusión en el dibujo, respeta la escritura vectorial y la diferencia cuando se trata del módulo del vector, al igual que Laura no solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito, realiza la resolución matemática hasta el final y remarca la respuesta.	Montse, utiliza correctamente la nomenclatura, y son coherentes las usadas en el desarrollo matemático, con las utilizadas o definidas en el dibujo del sistema planteado. Respeta la nomenclatura vectorial. Aunque se observa poco cuidado para presentar el enunciado por escrito (no lo hizo), y en el dibujo del sistema no quedo claro al inicio. Sin embargo, en la medida que va desarrollando matemáticamente verifica y agrega los elementos en el dibujo, como la densidad de carga, sigma.
	<i>Desarrolla capacidades matemáticas</i>	Es muy formal utilizando la representación vectorial con su nomenclatura, el lenguaje matemático en las propiedades, como "proporcional a" o la expresión de la densidad de líneas de campo. No solo es saber el procedimiento, sino presentarlo por escrito.	Se expresa correctamente de forma matemática. Realiza las conexiones entre las variables del producto escalar.	Presenta el lenguaje matemático, con la resolución por pasos de la ley de Gauss, para determinar E.. No solo es saber el procedimiento, sino presentarlo textualmente escrito.
En habilidades de expresión visual y gráficas	<i>Desarrolla la visión espacial</i>	Si	Si	Si. destaca al realizar primero una representación con objetos sobre el plano dibujado para hacer la conexión con el folio de perfil, al próximo dibujo, del plano de perfil; para dar soporte visual al rotar el plano y dibujarlo de perfil.
	<i>Desarrolla valores propios de nomenclatura en la expresión gráfico matemática y vectorial.</i>	Gráficamente trabaja el concepto de tangente, y el vector campo: representándolo gráficamente y destacando modulo, dirección y sentido.	las variables de la ecuación aparecen en el dibujo. Realiza las conexiones entre las variables del producto escalar.	Presenta relaciones gráficas de los componentes campo, vector área de la ecuación, al dibujarlo y llamarlos escribiendo su notación vectorial, sobre el sistema del plano-cilindro dibujado. presenta la ley de Gauss escrita en la pizarra, con la representación vectorial con su nomenclatura
	<i>Desarrolla esquemas coherentes de análisis</i>	Los tres profesores, desarrollan análisis coherentes, conectando con elementos conocidos para realizar el andamiaje, Laura mantiene la coherencia del análisis en el desarrollo de la explicación con el desarrollo paralelo del dibujo, donde las ideas y elementos destacados de todo lo que habla, lo escribe y está relacionado en el dibujo	establece la necesidad de dibujar, el ejemplo a analizar, que contenga las variables que intervienen, y fundamentan la resolución matemática Conecta gráfico y desarrollo matemático con el uso de la nomenclatura correspondiente. Trabaja en dos pizarras, enlazando el conocimiento construido y la expresión matemática del ejercicio anterior, con el nuevo conocimiento.	Montse, escribe de forma ordenada el desarrollo matemático enlazando las variables colocadas en el dibujo de análisis, con las variables de la ecuación a resolver.

Fuente: Elaboración propia.

- **Desarrolla esquemas coherentes de análisis.** Los tres profesores, desarrollan análisis coherentes, conectando con elementos conocidos para realizar el andamiaje, **Laura** mantiene la coherencia del análisis en el desarrollo de la explicación con el desarrollo paralelo del dibujo, donde las ideas y elementos destacados de todo lo que habla, lo escribe y está relacionado en el dibujo. **Pere**, con su actuación establece la necesidad de la representación del sistema (ejemplo, problema, enunciado) a analizar, expresado al realizar un dibujo de gran tamaño y claridad, con las variables que intervienen, que fundamentaran la resolución de la expresión matemática a utilizar, y que justifica lo escrito. Ambos gráfico y desarrollo matemático conectados con el uso de la nomenclatura descriptiva correspondiente, para todos los elementos que interactúan en dicho sistema. Trabaja en dos pizarras, enlazando el conocimiento construido y la expresión matemática del ejercicio anterior, con el nuevo conocimiento. **Montse**, escribe de forma ordenada el desarrollo matemático enlazando las variables colocadas en el dibujo de análisis, con las variables de la ecuación a resolver.

7.5.2 *La trayectoria narrativa según los propósitos de la explicación*

En la tabla 7.39, se presentan las trayectorias narrativas en las tres etapas que formaron la estructura de la historia según los propósitos de la explicación, donde:

➤ *Según los propósitos de la explicación se muestran tres tipos:*

Desarrollo teórico de la historia: En la parte superior de la tabla 7.39, se presenta a Laura, con la apertura de la clase y presentando la introducción de los conceptos y características

Ejemplo: En la figura central de la tabla 7.39, se encuentra Pere con el desarrollo de un ejemplo

Resolución de problemas (RP): y en la parte inferior se muestra a Montse con la resolución de problemas.

- *Las partes en que se conformaron los segmentos explicativos según las tensiones observadas.*

El desarrollo teórico (Laura) es la que tiene un comportamiento más o menos típico a las obras teatrales, con una parte central de mayor tensión o complejidad para la comprensión del estudiante. Formando un total de tres partes.

El ejemplo (Pere), con cinco partes, destacándose la interacción con el estudiante en cada una de ellas: el planteamiento del problema, el análisis gráfico, el desarrollo matemático del flujo, la elaboración de la entidad en controversia (y si selecciono otra superficie), y la resolución.

La resolución de problemas (Montse): con seis partes observadas en la historia, y donde se observaron un mayor nivel de las tensiones generadas y una alta interacción con el estudiante. Se observaron las partes de la anterior sólo que en el desarrollo matemático se dividió en dos, el calculo del flujo, y la carga neta.

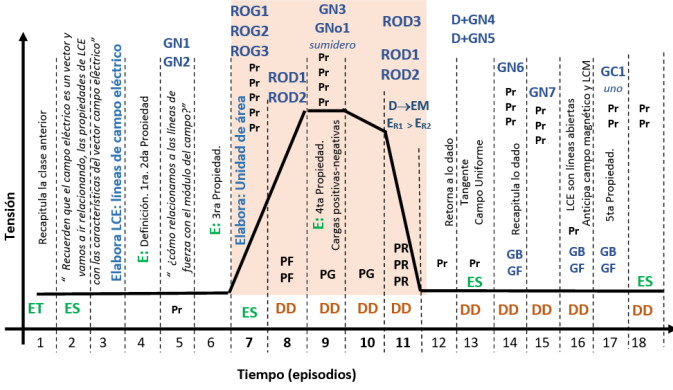
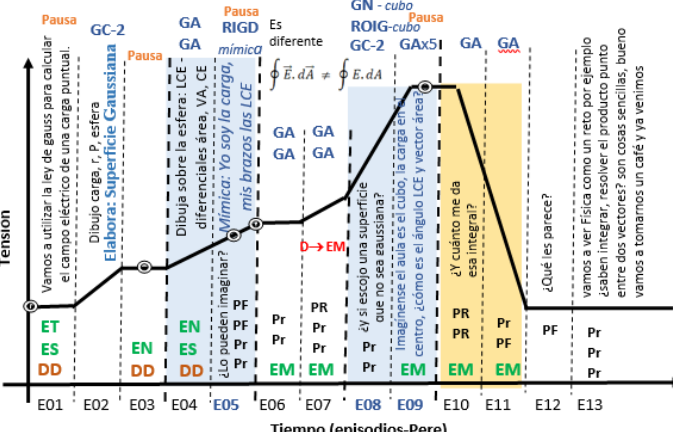
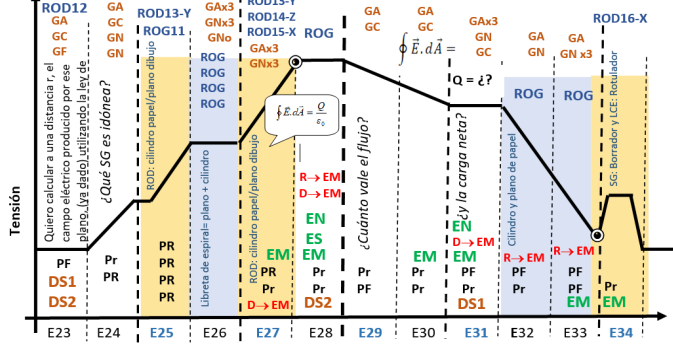
- *La forma en que se crearon las tensiones o los recursos para generar tensiones.*

Desarrollo teórico: Laura toma la pregunta como su forma de censar la tensión de los estudiantes, recibe el feedback de las preguntas, y redirige su discurso y luego va guiándose por preguntas tipo guía para iniciar y de evaluación para confirmar.

El ejemplo: La tensión se genera en la función de visualización de las variables, o en la visualización espacial que exige la representación, o las conexiones a realizar para el desarrollo matemático y con las intervenciones del profesor para generar controversia, en este caso, cambiando la forma de la superficie para resolver el flujo.

La resolución de problemas: La tensión se genera igual que en la parte del ejemplo, pero pareciera de una intensidad mayor, aparte de la tensión generada directamente por el profesor para que intervengan y trabajen cognitivamente junto con ella.

Tabla 7.49. *Trayectorias narrativas* en la construcción de la historia de líneas de campo.

<p>Desarrollo teórico.</p> <p>Definición.</p> <p>Características</p> <p>Laura</p>	<p>Gráfica Cualitativa.</p>  <p>The graph for Laura shows tension over 18 episodes. It includes concepts like electric field, Gauss's law, and vector properties. Student actions include defining, elaborating, and discussing. The graph is divided into several colored regions (yellow, orange, green) representing different phases of the learning process.</p>
<p>Ejemplo</p> <p>Pere</p>	 <p>The graph for Pere shows tension over 13 episodes. It includes concepts like Gauss's law, electric field, and vector properties. Student actions include defining, elaborating, and discussing. The graph is divided into several colored regions (yellow, orange, green) representing different phases of the learning process.</p>
<p>Resolución de Problemas</p> <p>Montse</p>	 <p>The graph for Montse shows tension over 11 episodes. It includes concepts like Gauss's law, electric field, and vector properties. Student actions include defining, elaborating, and discussing. The graph is divided into several colored regions (yellow, orange, green) representing different phases of the learning process.</p>

Fuente: Elaboración propia

7.5.3 Las líneas de campo eléctrico en el programa de Física Electromagnética

Las líneas de campo eléctrico juegan un papel fundamental en el proceso de construcción de significados en el aprendizaje acerca del campo eléctrico. El objetivo inicial de este capítulo era situar el análisis en una problemática propia de la asignatura, si son o no son útiles las líneas de campo eléctrico. Aun cuando los profesores puedan tener ideas encontradas sobre la utilidad de incorporar el concepto de las líneas de campo dentro del programa básico de electromagnetismo; todos ellos las utilizaron en sus explicaciones, haciendo uso de la recreación del imaginario de sus estudiantes a través del uso de diferentes modos comunicativos.

En base en las aplicaciones dadas por los profesores, de las líneas de campo eléctrico, durante sus explicaciones en la construcción del concepto de campo eléctrico, a continuación, se muestran dos de las funciones observadas en las líneas del campo eléctrico. La primera, relacionada específicamente con el concepto de la física y otras cuestiones relacionadas con el desarrollo de las habilidades necesarias en la ingeniería en la construcción de significados tridimensionales.

- **Las líneas de campo eléctrico son útiles para la construcción de nuevos significados en las diferentes premisas/entidades que intervienen en el estudio del campo eléctrico en electrostática.**

La construcción del concepto de Campo eléctrico. Se observa en la descripción del campo eléctrico: módulo dirección y sentido. Para representar regiones con campos eléctricos, observando varios puntos sobre estas regiones y analizar las relaciones cualitativas del campo eléctrico evaluado en cada punto, mayor-menor intensidad de campo eléctrico

En el análisis de estas historias, se observó que las líneas de campo eléctrico son una herramienta didáctica para crear significados de otras premisas aparte del concepto de campo eléctrico, tales como superficie gaussiana, vector área, carga eléctrica (ver capítulo anterior), perpendicularidad, simetría, campo magnético y líneas de campo magnético.

Las líneas de campo realizan varias funciones en ese proceso de creación de significado. Entre ellas se distinguen:

- a) Dado un sistema, diferenciar y analizar el comportamiento entre el vector superficie y el vector del campo eléctrico en diferentes puntos,
- b) Conocido el comportamiento de las líneas de campo de un elemento cargado (varilla infinita, plano infinito, esfera), reflexionar sobre la selección adecuada de la superficie gaussiana, para aplicar la ley de gauss,
- c) Representar regiones con campos eléctricos, estudiando las relaciones del campo eléctrico en varios puntos sobre estas regiones, comparando cualitativamente en cada uno de estos puntos: direccionalidad, mayor o menor intensidad de campo eléctrico.

➤ ***La creación de Imágenes mentales de conceptos “no visibles”***

También se observan otras funciones de representación multimodal, principalmente en la representación imaginaria del sistema. Durante las explicaciones de lo más destacado profesor, la necesidad de recrear la vista tridimensional (3D) mediante las líneas de campo eléctrico, para desarrollar una destreza básica en los estudiantes de ingeniería (la imagen mental 3D) que se aplica inicialmente en una habilidad básica: la comprensión del vector superficie o campo eléctrico. Otra función en el uso de las representaciones imaginarias es el alto nivel de presencia logrado. De esta manera, muchos de los recursos multimodales están interactuando entre ellos y los estudiantes están inmersos en ellos que forman parte del sistema imaginario. Esta dinámica de la enseñanza da la fuerza para la comunión para facilitar el aprendizaje.

El ingeniero en las diferentes ramas de especialización, se destaca en su labor de diseño y puesta en marcha, de sistemas que muchas veces no están aún contruidos. Para ello debe crear y recrear sistemas que inicialmente están sólo diseñados de forma imaginaria. Esta es una de las competencias básicas a desarrollar en el programa de ingeniería, y se observa que se da en el desarrollo de las explicaciones del profesor de física y que, por lo tanto, contribuirán a esta competencia del futuro ingeniero.

El profesor hace uso de todos los recursos que cree disponibles en el aula para ayudar a que los estudiantes creen imágenes tridimensionales de sistemas que no existen físicamente y que lo irán formando hacia la *visión* del ingeniero

En resumen, los resultados obtenidos, llevan a reflexionar sobre el papel de las líneas de campo no sólo para el concepto de campo eléctrico, sino para el desarrollo de la visión tridimensional más allá de la función específica de la construcción del significado de campo eléctrico, competencia fundamental en el estudiante de ingeniería. Además de tener pistas sobre cómo los diferentes modos comunicativos involucrados en las explicaciones contribuyen a la creación de significados científicos.

7.6 A modo de cierre

Más allá del desarrollo conceptual y de la teoría científica involucrada, más allá del conocimiento de los profesores, si se ajustan o no a la teoría científica, que en su gran mayoría es así, pero no es lo que se desea resaltar. Lo que se destaca del análisis, es el perfil de un docente. ***El gran trabajo que se realiza en el aula por los docentes, del cual no somos conscientes y que muchos no valoran.*** Estos profesores, se entregan con lo que tienen (su conocimiento, sus recursos, el conocimiento y la cercanía a sus estudiantes), a sus estudiantes; para guiarlos en la comprensión de los conceptos científicos y a desarrollar habilidades de visualización y de rigurosidad en los análisis a través de un conjunto formado por: la presentación del enunciado en forma gráfica con las variables, la unión entre ese gráfico, sus variables y las variables de la expresión física a utilizar para el desarrollo matemático, dando un conjunto coherente que lo lleva a la resolución.

8. Tres miradas y tres historias, de flujo eléctrico y ley de Gauss: La interacción Multimodal.

Análisis y resultados

✚ En este capítulo se presentan tres historias separadas, una de cada profesor, que tienen en común el punto de partida: “flujo eléctrico”. Estas historias son analizadas desde todas las dimensiones: didáctica comunicativa (1), retórica-argumentativa (2), la multimodal (3) y la dimensión T representacional de la explicación. Los tres profesores crean su historia explicativa desde el punto de partida, comúnmente visto en los textos para iniciar el tema de ley de Gauss, y que consiste en el escenario formado por una superficie plana atravesada por líneas de campo eléctrico uniforme para presentar el concepto de flujo eléctrico. Se presentan los resultados del análisis, que permiten caracterizar al profesor de física desde las tres dimensiones en una clase universitaria, mostrar las historias analizadas desde la representación de modos comunicativos y llegar a representar la construcción de la clase de forma gráfica como el enlace de las historias explicativas que se van sucediendo en el tiempo. Uno de los aspectos destacados es la representación de la dinámica de la explicación desde la combinación de modos comunicativos observados en su construcción y la síntesis de estos resultados.

8.1 Introducción

8.1.1 Los objetivos y categorías de análisis.

En este capítulo se aplican formalmente las categorías de análisis mostradas en la tabla 8.1, con el fin de conseguir los objetivos para cada profesor (*individual*), que luego son contrastados para obtener o enriquecer objetivos de forma comparada (*general*). Los objetivos perseguidos, según el capítulo uno, quedan clasificados de la siguiente forma:

A. Desde la didáctica social y comunicativa del profesor. Caracterizar los elementos didácticos utilizados por el profesor en la explicación, para desarrollar su historia explicativa y construir conocimiento científico específico, a partir de:

1. Identificar y caracterizar las formas de intervención didáctica del profesor desde: a) la retórica en el aula, b) mantener el hilo de la historia, c) elaborar entidades, y d) promover aptitudes y habilidades propias de la ingeniería. (Objetivo A-3 del capítulo 1)

B. Desde la perspectiva retórico argumentativa Caracterizar las explicaciones de los profesores, según los elementos retóricos-argumentativos presentes en la explicación, a partir de la teoría de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000). Incluye:

2. Identificar y describir elementos argumentativos (las tesis, las premisas, argumentos, la presencia y formas de presentar las premisas), para que la explicación sea consistente y convincente a los estudiantes. (Objetivo B-1, capítulo 1)
3. Identificar y caracterizar el profesor desde a) los argumentos, técnicas discursivas y orden en la explicación que contribuyen al convencimiento, b) la creación de la comunión entre profesor y auditorio, c) la contribución de la multimodalidad en la construcción de argumentos en la historia. (Objetivo B-2 del capítulo 1)
4. Desde los argumentos representar segmentos de la historia explicativa, tal que describa la interacción de argumentos y su secuencialidad de forma esquemática o en tablas. (Objetivo B-4 del capítulo 1)

Tabla 8.1a. Dimensión 1: Categorías Didáctico comunicativas

Formas de intervención didáctica del profesor				
Cómo interviene el profesor para desarrollar la historia explicativa				
Retórica de la enseñanza en el aula Cómo integra a la audiencia, intelectualmente y emocionalmente, al estudiantado. Hace la audiencia receptiva y preparada al discurso que vendrá	¿Hacia dónde vamos?	Vamos juntos. Estrategias como la pausa, el verbo (nosotros, fíjate...) que involucran al estudiante dentro de la explicación, el profesor se identifica con el estudiante, como unidad construyendo significados. Muy usada en la apertura.		
		Utilidad e Importancia		
	Guía al estudiante en el contexto de que trata, o cómo va la clase.	Recuerdo y Anticipación del contenido	Presenta la estrategia que seguirá la explicación: ¿qué haremos a continuación	
			Recuerdos de aspectos de clases anteriores	
			A través de una pregunta crítica que justifica el desarrollo del nuevo contenido	
			A través de títulos, subtítulos y esquematizaciones	
	¿Qué esperamos?	Crea controversia/ Diferencias	¿Qué sucede si ...? Se provoca una confrontación de puntos de vistas	
			Querría saber si tengo razón. El profesor plantea si es o no correcto una propuesta	
			Imagínate esto.	
			¿Qué piensas ahora?	
¿Nada para explicar? Es hacer que alguna cosa que parece obvia se convierta en alguna cosa que necesita explicación				
Destaca ordena y refuerza significados. Mantener el hilo de la historia. Cómo construye el orden o guion de la clase, en conjunto con la atención e interacción de la audiencia. Se generan tensiones.	¿Cómo organiza la clase?	Seleccionando ideas		
		Resalta ideas claves (repite las ideas o conceptos, destaca en la forma de pronunciar.		
	¿Cómo verifica la comprensión de la audiencia?	Solapa ideas interrelaciona ideas/conceptos, (genera tensiones)		
		Sondea significados específicos en los estudiantes. realiza preguntas críticas, lo explica de otra forma y vuelve a preguntar. (genera tensiones)		
		Retorna sobre las ideas. repasa lo dado por: recapitulación, resumen, repetición.		
Elabora Entidades. Cómo construye o refuerza las entidades, que intervienen en la historia explicativa	¿Qué entidades elabora y cómo las define?	Comparte ideas, experiencias, recomendaciones y formas de pensar.		
		Lo nuevo a partir de lo viejo.		
		Lo nuevo con lo que va a venir		
	¿Cómo crea la imagen?	Se construye gradualmente. Definición, descripción, clasificación		
		Describe las partes que consta una entidad.		
Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión. Cómo interviene para integrar a la audiencia a su nueva comunidad intelectual (alfabetización profesional). Se generan tensiones.	En la expresión matemática	Desarrolla valores propios de nomenclatura en la escritura, y en la expresión matemática vectorial		
		Desarrolla capacidades matemáticas para la resolución de problemas. Se generan tensiones		
	En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación	Desarrolla la visión espacial. describe características espaciales, o la interacción entre entidades, vistas de perfil, la rotación de una vista. Se generan tensiones.		
		Desarrolla valores propios de nomenclatura en la expresión gráfico, matemática y vectorial		
		Desarrolla esquemas coherentes de análisis: Dibujo del sistema-variables-leyes-resolución.		
*Generar tensiones: es crear conflicto cognitivo, planteando situaciones reales o imaginarias que requieran análisis y juicio del estudiante				

Fuente: Elaboración propia

C. Desde la visión multimodal, de los modos comunicativos usados en el aula, caracterizar los elementos multimodales utilizados por el profesor en la explicación, a lo largo del tiempo y/o del contenido específico, a partir de:

5. Presentar visualmente (gráfica-descriptiva) **la puesta en escena** en el aula. (Objetivo C1 del capítulo 1)
6. Identificar, siguiendo el orden de la explicación, los **modos comunicativos** utilizados por el profesor de física, y que caracterizan su actuación en el aula. (Objetivo C2 del capítulo 1)
7. Identificar y caracterizar **la interacción** de los modos comunicativos en la construcción de la explicación del profesor. (Objetivo C3 del capítulo 1)
8. Describir y caracterizar los modos comunicativos encontrados en las explicaciones del profesor de física de la facultad de ingeniería. (Objetivo C5 del capítulo 1)

D. Desde la representación multimodal de la historia construida en el aula y el concepto de la clase como una sucesión dinámica de historias explicativas, caracterizar la actuación del profesor, de forma esquemática o gráfica que muestre el desarrollo a lo largo del tiempo y/o del contenido específico, a partir de:

9. **La interpretación gráfica de la interacción multimodal en la historia explicativa.** Desde los modos comunicativos. Representar la interacción de los modos comunicativos a través de un esquema cualitativo de barras modales. (Objetivo D4 del capítulo 1).

Este grupo D, está en la búsqueda de formas para representar cualitativamente, la información obtenida de la historia analizada; en base a la interpretación del investigador sobre la explicación del profesor de forma continua en el tiempo.

Las categorías de análisis para este capítulo, se presentan en la tabla 8.1. Para responder el primer y segundo objetivo, se aplicarán las categorías de análisis desde la visión socio-didáctica-comunicativa de la dimensión 1 (tabla 8.1a). Para el tercero hasta el sexto objetivo, se usan las categorías de la dimensión 2 (tabla 8.1b) que corresponden a la visión retórica argumentativa de Perelman.

Tabla 8.1b. Dimensión 2: Categorías argumentativas

La construcción argumentativa de la historia ¿Cómo describir la historia explicativa desde la visión retórica argumentativa?			
1. Las tesis en el discurso		Identificación de las tesis. Orden de las tesis en la historia	
2 Los Argumentos que justifican las tesis en la explicación. ¿Qué tipos de argumentos se encuentran en la explicación?	Argumentos de asociación Cuasi lógicos Adoptan leyes utilizadas en matemáticas o filosofía, marcados por la racionalidad) (TA-303-395)	Lógico. Relaciones comparativas o relaciones entre parte y totalidad	Contradicción e incompatibilidad Definición - identidad (definición y análisis) Análisis/tautología Regla de la justicia Reciprocidad/simetría/por los contrarios Transitividad
		Matemático entre las premisas y conclusiones	Las partes y el todo/ inclusión, adición/ división/dilema Comparación/ por el sacrificio Complementariedad/compensación Probabilidad Deducción matemática**
	Argumentos de asociación Basados en la estructura de lo real (TA-403-516)	Enlaces de Sucesión (secuencial)	Argumento causal o causa-efecto Pragmático (hechos/ consecuencias) Medio-fin (despilfarro/redundancia/la superación) Por etapas/la superación/ aprovechamiento
		Enlaces de coexistencia. dado un fenómeno, se presentan fenómenos conectados con él.	Interacción: persona y sus actos / Acto y esencia Argumento de autoridad Propia (experiencia) Citación de autoridad Autoridad polifónica /la apelación al grupo. Relación simbólica Doble Jerarquía- Diferencias de grado y orden
	Argumentos de asociación. Enlaces que fundamentan la estructura de lo real. (TA-537-619)	Caso Particular	La ilustración El ejemplo La demostración como representación con objetos (reales o imaginarios) Modelo-anti modelo
	Argumentos de disociación (TA 627-698)	Analogía	Analogía y metáfora
4. Otros aspectos retóricos argumentativos		La presencia. La comunión orador con la audiencia.	
5. La interacción entre escenarios que construye la historia		¿Cómo el profesor presenta los escenarios, las tesis y los enlaces realizados en la construcción de la historia?	

Fuente: basado en “tratado de la argumentación” (TA)- Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000)

Desde el séptimo hasta el onceavo objetivo, se usan las categorías de la dimensión 3 (tabla 8.1c) que corresponden a la visión de la multimodalidad sobre cómo es la puesta en escena de la historia científica. Los objetivos generales, se logran con el contraste de los resultados obtenidos en el área de estudio.

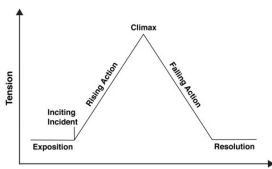
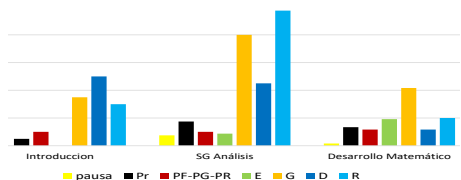
Tabla 8.1c. Dimensión 3: Categorías multimodales

La construcción multimodal de la explicación					
Cómo el profesor hace uso de los modos comunicativos para desarrollar la historia.					
La puesta en escena ¿Cómo se presenta la historia, reduciendo lo verbal?		Formado por las imágenes en secuencia de lo que hace el profesor durante la explicación. Caracteriza de manera resumida la mayoría de los modos y recoge información del trabajo en la pizarra.			
Modos Comunicativos (herramienta visual: <i>Tablero modal</i>) ¿Qué modos comunicativos se presentan en cada episodio de la historia explicativa?	La disposición corporal	La mirada y el contacto visual			
		Postura y el desplazamiento			
		El uso que hace el profesor del espacio			
	Modo verbal.	La pausa (P)			
		Pregunta Crítica.	Pregunta retórica Pr.		
			Interactiva	Pregunta <i>Feedback</i> (PF)	
				Pregunta Guía (PG)	
				Pregunta Respuesta (PR)	
	Modo Gestual.	Gesto Conceptual	Gesto apuntador (GA). señala algo en la pizarra por lo general		
			Gesto beat (GB). Ej. Dedos pulgar e índice juntos, mueve la mano arriba y abajo como si tuviese la batuta de un director de orquesta.		
			Gesto conceptual (GC). representa algo en el aire. Gesto conceptual, estático con un significado. Ej. Los dedos para indicar un número: uno, dos		
			Gesto facial (GF), Ej. Gesto marcado al hablar, enfatizando con los labios, incluye cambio del tono		
		Gesto Narrativa	Gesto narrativo (GN), movimiento del dedo, mano, cuerpo que describe lo narrado		
			Gesto que acompaña la onomatopeya (GNo), es GN, incluye a la expresión verbal onomatopéyica		
	Modo escritura	Escritura	Describe (E) - Títulos, etiquetas, encabezados (ET)		
			Simbología, (ES) - Nomenclatura (EN)		
		Matemático	Desarrolla expresión o ecuación matemática (EM)		
		Enlaces	(D→EM) , (R→EM) Enlaces entre el dibujo o la representación, con el desarrollo matemático		
			(R→D) (D1→D2) Enlaces entre el dibujo o la representación, con la variable en el dibujo		
	(D→E) Enlaces entre dibujo y descripción escrita.				
	Modo Dibujo	Un dibujo	Dibujo simple (D)		
			Dibujo como base de la explicación (DD). La explicación se desarrolla a la par con el dibujo.		
		Dibujos en secuencia (DS)	Para pasar de la vista 3d a 2d (Ej. vista de perfil)		
			Expresan cambios en una variable (Ej. inclinación del plano)		
	Modo de Representación con Objeto real o imaginario (más allá de la pizarra)	Recreación del imaginario (RI) con la narrativa	RI – solo narrativa (verbal)		
			RIG - gestualidad y desplazamiento		
			RIGD - sobre el dibujo en la pizarra.		
		Representación utilizando objetos físicos (RO)	ROG - gestualidad y desplazamiento		
ROD - sobre el dibujo de la pizarra					
ROIG - Con objetos físico e imaginario, gestualidad y desplazamiento					
La interacción de los modos		¿Cómo el profesor utiliza los modos comunicativos en los segmentos de la historia?			

Fuente: Elaboración propia

Para el doce y treceavo objetivo se aplicarán las categorías de la dimensión T, o representación de la trayectoria explicativa de la historia, (tabla 8.1d). Se recuerda que todos los argumentos nombrados en esta investigación, están basados en el Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958/2000) que será tácito para no ser tan repetitivo o simplemente se mencionará a Perelman. Para mayor extensión sobre la definición se recomienda el capítulo cuatro de categorización la cual ubica para la dimensión 3, las tablas y estas a su vez la página del libro donde se puede complementar la información de cada subcategoría.

Tabla 8.1d Dimensión T. La representación de la trayectoria explicativa en la historia.

Formas de intervención del profesor y multimodalidad creadoras de tensión comunicativa.		
Gráfica de tensiones en la trayectoria narrativa	Trayectoria narrativa de la historia vs tensión comunicativa.	
Interacción de los modos comunicativos del profesor		
Esquema de barras y modos comunicativos	Trayectoria narrativa vs modos comunicativos /segmentos	

Fuente: Elaboración propia

8.1.2 Organización del capítulo.

Este capítulo se organiza en cinco apartados, el de introducción y contexto del análisis, los tres siguientes, uno para cada profesor, con aproximadamente veinticinco minutos continuos, divididos en segmentos explicativos, sobre la unidad ley de Gauss, iniciando todos con el concepto de “flujo eléctrico; luego viene el apartado de resultados con el análisis comparado y finalmente el cierre presentando de forma gráfica la historia completa de Pere.

El apartado para cada profesor (análisis individual), está organizado en varias etapas: a) el contenido del saber enseñado del profesor, donde se presenta un primer análisis desde las tres perspectivas, y las tablas descriptivas con los segmentos explicativos, similar a los capítulos anteriores b) resultados del análisis presentando los aspectos didácticos que caracterizan al profesor (dimensión 1), c) resultados del análisis de los aspectos retóricos argumentativos que caracterizan al profesor (dimensión 2), d) un estudio de los modos comunicativos usados por el

profesor, desde la puesta en escena, la categorización y su caracterización en la historia explicativa del profesor (dimensión 3 y dimensión T).

Luego de presentar las tres historias desde la visión didáctica, argumentativa y multimodal, se presentan los resultados a partir de la comparación de las características encontradas.

Finalmente, se realiza el cierre del capítulo, con el centro de la investigación “la construcción de historia explicativa”, y para ello se presenta con las gráficas de la trayectoria narrativa de toda la historia desarrollada por Pere, incluyendo al del capítulo siete (dimensión T).

8.1.3 El punto común en las historias: “flujo eléctrico” y el escenario del plano.

En la mayoría de los textos de física universitaria (Serway y Jewett, 2009, p.673 fig24.1; Resnick, Halliday y Krane, 2007, p.612, Fishbane, Gasiorowicz y Thornton, 2010) se encuentra el uso de un sistema inicial para conceptualizar flujo eléctrico, formado por una superficie plana

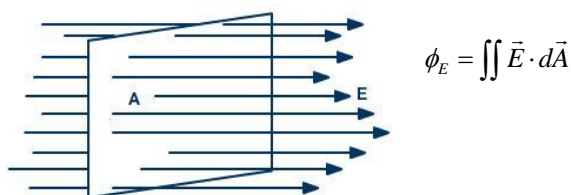


Figura 8.1 Sistema que aparece en los textos para definir el Flujo Eléctrico.

Fuente: Elaboración Propia

rectangular que es atravesada por líneas de campo eléctrico (figura 8.1). El flujo eléctrico a través de una superficie simple se define como el producto escalar de los vectores área y campo eléctrico. El significado de este concepto se construye utilizando la noción de campo eléctrico, las líneas de campo eléctrico y se agrega un nuevo concepto que define al área como un vector, cuyo módulo es la magnitud del área; y su dirección perpendicular, saliendo de la superficie.

En Rangel y Castells (2012) se presentó por primera vez la historia construida hasta flujo eléctrico, que presentaba la introducción del concepto hasta la explicación basada en el sistema común del plano, ya mostrado en la figura 8.1. En este capítulo, la historia inicialmente planteada hasta flujo, se extenderá hasta la ley de Gauss; añadiendo otras entidades y sistemas/escenarios comunes utilizados en las explicaciones por dos de los profesores (Pere y Montse) y que complementan la historia inicial.

A continuación, se presenta la historia de los tres profesores, que inician sus explicaciones, tomando este sistema presentado en los textos de física y en la figura 8.1, con el propósito de servir de guía para conocer el concepto de flujo eléctrico.

8.2 Pere y la construcción de la historia de flujo eléctrico.

La explicación de Pere sobre el tema flujo eléctrico hasta presentar la ley de Gauss, presentada en esta investigación está conformada por una secuencia de siete historias, que según el objetivo conceptual se pueden clasificar de la siguiente forma:

- La primera definición de flujo como producto escalar:
 1. El sistema plano - líneas de un campo, y la primera definición de flujo. como producto escalar de un campo genérico C . Aquí Pere presenta un dibujo del plano en secuencia con varias inclinaciones, episodios [D01_P, D04_P]
 2. Elabora la entidad vector área, y analiza el ángulo θ que forma el vector área con el campo en las diferentes inclinaciones el plano, resaltando que el vector área es constante en esa superficie, episodios [D05_P, D09_P]
- La definición de flujo como integral de área:
 3. La superficie no plana: el cascaron semiesférico. Pere analiza cuando el vector área cambia de dirección sobre la superficie, destacando cómo cambia el ángulo respecto al campo. Concluye con la expresión del flujo eléctrico como la integral de área. [D10_P, D13_P]
- La identificación de flujo como integral de área de superficie abierta o cerrada:
 4. El sistema dipolo, y regresa el cascarón para presentar superficie abierta y superficie cerrada, recordando el concepto cualitativo de flujo, episodios [D14_P, D18_P]
- La ley de Gauss:
 5. El flujo en superficie cerrada analizado en varias zonas del sistema dipolo, hasta concluir con la ley de Gauss, episodios [D19_P, D20_P]
 6. Anécdota de Gauss, y la analogía del flujo en el dipolo y en una piscina, episodios [D22_P, D25_P]
- Un ejemplo de aplicación de la Ley de Gauss
 7. Determinación del campo eléctrico de una carga puntual, aplicando la ley de Gauss. Elabora la entidad superficie gaussiana, y la diferencia seleccionando una esfera inicialmente y luego un cubo para calcular el flujo. Este segmento ya fue presentado en el capítulo anterior como aplicación de las líneas de campo. [E01_P, E13_P]

A continuación, se analiza como Pere construye esta historia explicativa que inicia en flujo eléctrico hasta definir la ley de Gauss y ocupan veinticinco episodios continuos. Las secciones están diseñadas según las partes anteriormente presentadas.

8.2.1 Pere y la primera definición de flujo sobre el escenario “Plano-LCE”.

Pere, tiene clases muy temprano en la mañana. La clase ha comenzado hace una hora y quince minutos, y hay mucho ruido entre los estudiantes, porque Pere ha pedido formarse en equipos de cuatro personas para entregar una tarea con ejercicios propuestos en los libros textos. Pere realiza una pausa larga, de pie detrás del escritorio para esperar que los estudiantes se calmen; hojea el libro, luego se va al centro de las dos pizarras e inicia su historia.

Pere: “OK, ahora vamos a hablar de otra cosa”. Continúa el ruido entre los estudiantes. Borra la pizarra y escribe ^a ley de Gauss - flujo eléctrico - y va detrás del escritorio esperando en silencio durante tres minutos. Ahora, con los estudiantes más tranquilos Pere comenzó su explicación en voz alta y haciendo hincapié: - “FLUJO, es una cantidad asociada a cualquier campo”. Este párrafo tiene la función de *preparación de la audiencia del tipo anticipación* con utilización de la pausa, los títulos y subtítulos en la pizarra. Y sigue con una *anticipación de contenido*: “flujo es una cantidad asociada a cualquier campo...” [D02_P] (ver tabla de análisis 8.1).

La tabla 8.2 formada por cuatro filas, muestra el análisis de los cuatro primeros episodios. En la primera fila de la tabla, se muestran los dos primeros episodios. Pere presenta primeramente [D01_P], la *tesis descriptiva del concepto de flujo (Tesis 1)*, que relaciona con la *premisa línea de campo (premisa 1)*, que presenta como algo ya conocido por el estudiante, cuando expresa, refiriéndose al flujo como: “una cantidad escalar que nos indica cuántas **líneas de campo** atraviesan una superficie”. Pere dibuja primero el escenario inicial de la historia: un plano en 3D con líneas que lo atraviesan que terminan en puntas de flecha y atraviesan al plano (*escenario 1_P*). Pere, *materializa la entidad línea de campo* al dibujarlas atravesando el plano y a su vez *la relaciona con el campo en el dibujo*, al agregar mientras dibuja: - “imagínense que tenemos un plano imaginario y un campo C” [D02_P]. Pere ya ha comenzado a *dibujar el escenario de la historia*. Seguidamente de presentar el primer escenario, dibuja al lado otra figura que simula el plano del sistema inicial, pero con la vista de perfil. Pere describe mientras inicia el segundo dibujo: - “si yo dibujara de perfil esta situación” – dibuja la línea vertical que simula al plano de

perfil y agrega usando el color rojo para destacar las líneas de campo: - “tengo acá mi plano y el campo de esta manera” relacionando nuevamente líneas de campo y campo [D02_P].

Tabla 8.2. Episodios [D01_P a D04_P]: el sistema plano y la definición de flujo.

Introduce flujo y dibuja el sistema: un plano Dibujos en secuencia. episodios [D01_P a D04_P]	
Descripción de la explicación	Recursos Dibujo en secuencia + color (rojo el campo, negro el resto)
<p>[D01_P] 8:42 -Flujo es una cantidad asociada a cualquier campo, no solamente al campo eléctrico, no nada más a campo eléctrico. <u>Es una cantidad escalar que nos indica cuantas líneas de campo atraviesan una superficie.</u> Entonces imagínense ustedes que (dibuja en silencio)</p> <p>[D02_P] 8:43 -tenemos un plano imaginario... un campo C que cruza a una región de área A, (pequeña pausa) si yo dibujara de perfil, esta situación, (traza línea vertical, es la segunda figura), tengo acá mi plano (señala) tengo seguramente... (dibuja las líneas horizontales de color rojo) ... el campo de esta manera</p>	<p>pizarra: Dibujo en secuencia, plano en 3D y vista 2D</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px;"> <p>Ley de Gauss Flujo Eléctrico</p> </div> <p>(1ra). (2da) figura</p>
<p>[D03_P] 8:43:30 Que tal, ¿si yo agarro e inclino este plano? ...de la siguiente manera... (Dibuja el plano inclinado, 3ra figura)</p> <p>Fíjate que, ahora son (señala 3ra figura) ...hay menos líneas de campo que cruzan esta región... ¿Cómo expresamos nosotros esto, matemáticamente? Bueno a través de esta definición de flujo.</p>	<p>(2da). (3ra). (Dibuja en silencio, se retira y hace pausa).</p>
<p>Seguramente el flujo acá (señala 2da figura) es más alto que en esta situación (señala la 3ra) y seguramente es mucho más alto que bajo esta situación (dibuja el plano horizontal, 4ta figura) de hecho ahí no hay ninguna línea de campo atravesando... al área</p>	<p>(2da). (3ra). (4ta)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; color: blue;">Acá el Flujo es más alto que en la 3ra</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; color: blue;">Acá el Flujo es más alto que la 4ta</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; color: blue;">Acá ninguna línea lo atraviesa</div> </div> <p>(se coloca al lado de la pizarra, pausa)</p>
<p>[D04_P] Entonces una primera definición del flujo, ... Fíjate bien, <u>vamos a referirnos al flujo con esta letra,</u> (escribe: ϕ) si mal no recuerdo es la letra fi... (sigue copiando: $\phi=C.A$) Es el <u>producto escalar</u> entre esas dos cantidades: el campo y el vector área.</p>	<p>Escribe el producto escalar en la pizarra:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px;"> <p>Primera definición :</p> $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$ </div>

Fuente: Elaboración propia

En la segunda fila de la tabla 8.2, se presenta el episodio D03_P donde Pere inicia con una *pregunta para preparar a la audiencia a lo que viene y hacerlos pensar*: “¿**qué tal, si yo agarro e inclino este plano?** de la siguiente manera” y Pere realiza un tercer dibujo, el plano inclinado – “fíjate que ahora son... **hay menos líneas de campo** que cruzan esta región”- indica señalando con el índice sobre el dibujo en la pizarra. Luego agrega una pregunta “¿**cómo expresamos esto matemáticamente?**” que ayuda a dirigir el estudiante hacia la formalización del concepto de flujo en una expresión matemática (verifica la comprensión de la audiencia).

En la tercera fila de la tabla 8.2, episodio [D03_P], Pere *realiza los enlaces entre los dibujos realizados* cuando regresa el segundo dibujo y comenta: - “seguramente **el flujo acá es más alto que en esta situación**”- para destacar diferencias del número de líneas de campo que cruzan el plano cuando esta vertical, y cuando está inclinado en el tercer dibujo; haciendo uso del índice como apuntador sobre la pizarra primero sobre el plano vertical y luego sobre el inclinado. Y ahora comenta –“y **seguramente es más alto que bajo esta situación**, (dibuja la cuarta figura con el plano dispuesto de forma horizontal) - de hecho, no hay ninguna línea atravesando el área”. En este episodio, *contrasta el número de líneas que atraviesan el plano al cambiar su inclinación*. Pere, presenta el comportamiento del flujo a través del plano usando la comparación del plano en posición vertical y el plano inclinado, destacando que “el **flujo** seguramente será mayor cuando el plano está en posición vertical” porque hay **más líneas** atravesándolo y continua conectando el flujo con las líneas de campo, destacando que **el flujo será menor** en la medida que el **número de líneas** que lo atraviesan **disminuya**; y así realiza el ultimo dibujo con el plano horizontal destacando que no lo atraviesa **ninguna línea**.

Pere, en estos tres primeros episodios (D01_P, D02_P y D03_P), construye el concepto de flujo fundamentando su definición inicial, o *tesis inicial*: *el flujo es una cantidad escalar que nos indica cuántas líneas atraviesan una superficie*. Para hacerla creíble se soporta en **el dibujo múltiple en secuencia** y guía a los estudiantes, señalando sobre cada dibujo en la pizarra, para analizar los cambios que suceden al cambiar la inclinación del plano, todo ello para hacer **ver** de forma cualitativa cómo cambia el valor del flujo, según el número de líneas que lo atraviesan.

Pere ha ido *agregando cuatro dibujos en la pizarra* (en conjunto describen una secuencia) que muestra el plano con diferentes inclinaciones para analizar las líneas que lo atraviesan. El primer dibujo, con una perspectiva espacial, en tres dimensiones, del sistema: plano y líneas de campo [D01_P]; y los tres siguientes son dibujos del mismo sistema dibujado ahora en dos

dimensiones, con el plano de perfil, que va cambiando de posición en cada dibujo: vertical, inclinado y horizontal [D03_P]. A medida que realiza la secuencia de dibujos lo va relacionando con el número de líneas que lo atraviesan. Se observa la *función que hace el dibujo* al cambiar la inclinación del plano, para *hacer ver más claramente cómo cambia el valor del flujo*.

Con esta comparación inicial sobre el número de líneas que atraviesan la superficie, Pere *conecta el concepto de flujo de manera gráfica con las líneas de campo*, el plano como la superficie que atraviesa el campo C representado por las líneas de campo.

Desde el punto de vista argumentativo, este segmento de tres episodios [D01_P a D03_P] se inicia con la introducción de la *definición descriptiva de flujo o tesis 1*, para seguir con una justificación multimodal mediante una serie de dibujos en secuencia, que prepara el siguiente episodio con la *formalización matemática de esta misma tesis inicial (que será la Tesis 2)*. De esta forma, esta tesis descriptiva se hace creíble, mediante los dibujos que van cambiando la orientación del plano, y que les dan *presencia* cuando el profesor acompaña su discurso con la acción de repetir el dibujo de las líneas de campo, y señalando las diversas figuras para comparar. Se identifica un *argumento multimodal visual por ilustración* soportado por un *argumento de doble jerarquía con enlaces de coexistencia* basados en la estructura de lo real. Se ha identificado a partir de los comentarios del profesor en la tercera fila de la tabla 8.2, episodio [D03_P], que va comparando los diversos *dibujos realizados*, y que incluye una serie jerárquica de partida aceptada (serie 1: número de líneas del campo que atraviesan la superficie) que se relaciona a través de una proporcionalidad directa con la segunda serie (serie 2: valor de flujo) o tesis 1 que se pretende justificar (el flujo aumenta en valor a medida que aumenta el número de líneas que atraviesan una superficie).

Todo este proceso en la acción del profesor, episodios [D01_P, D03_P], logra convencer y justificar el concepto inicial de flujo (*Tesis 1*), por lo que se interpreta como un *argumento visual por ilustración*. Este *argumento* se interpreta soportado por un *argumento de doble jerarquía con enlaces de coexistencia*, basados en la estructura de lo real, que justifica la tesis 1 (el flujo aumenta en valor a medida que aumenta el número de líneas que atraviesan una superficie).

En la cuarta fila de la tabla 8.2, episodio [D04_P], Pere se dispone a *presentar la expresión matemática* de flujo, recordando la pregunta formulada en [D03_P], “¿cómo expresamos nosotros esto, matemáticamente?”, sin repetirla, sino que la contesta para luego dar la primera definición matemática para **el flujo, como el producto escalar entre campo y área**, presentando su nomenclatura formal, $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$, **Tesis 2** de esta parte de su explicación. En este caso la justificación de la misma proviene del *conocimiento matemático y en concreto vectorial de los alumnos (premisa)* que les permite comprender y aceptar el significado de la ecuación o **tesis 2 de flujo expresado en lenguaje matemático**; de hecho, se puede considerar, un *argumento de autoridad*. El razonamiento podría terminar aquí, pero de hecho *prepara la audiencia para los episodios que vendrán*, en los que se entrará más detalladamente en la formalización de la fórmula matemática de flujo eléctrico (ver apartado 8.2.2).

8.2.2 Flujo como producto escalar en el plano.

La tabla 8.3 muestra en tres filas los episodios D05_P al D09_P donde Pere, una vez presentado el flujo matemáticamente como un producto escalar en el apartado anterior, ahora *hace de premisa* e inicia la explicación; pretende *fomentar la comprensión del significado de producto escalar de forma gráfica* (creación de entidad). Para ello continua con el desarrollo del sistema plano, agregando elementos a los dibujos en secuencia de la pizarra.

En la primera fila de la tabla 8.3, episodio D05_P, Pere *prepara a la audiencia (tipo recuerdo)*, cuando construye la **premisa vector área** como conocida antes de dar la definición: “**les recuerdo que el vector área uno lo dibuja normalmente como un vector perpendicular a la superficie**”- dibuja un vector área en cada una de las tres figuras en secuencia, y que sale perpendicular al plano representado, *dándole así presencia en el escenario de la pizarra* según sea la posición del plano para destacar su perpendicularidad, como se muestra resaltado en rojo en la tabla 8.3. Con este elemento agregado a cada dibujo, se *consolida la definición del vector área (premisa y entidad)* y *se hace ver su comportamiento con las líneas de campo*.

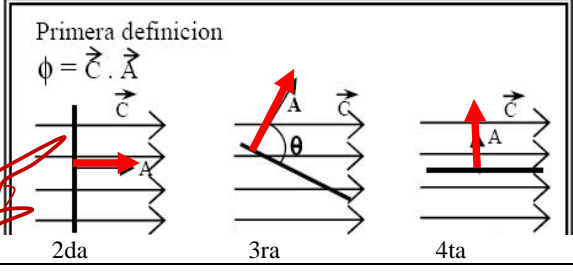
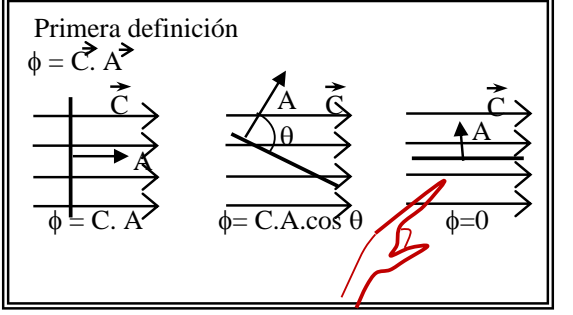
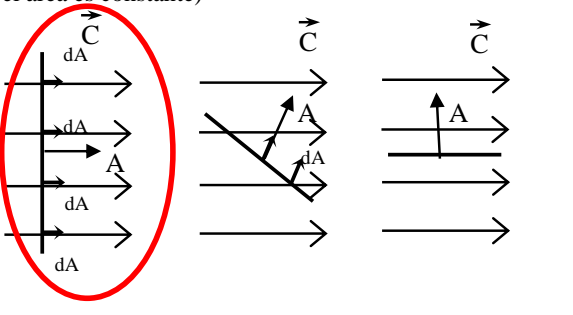
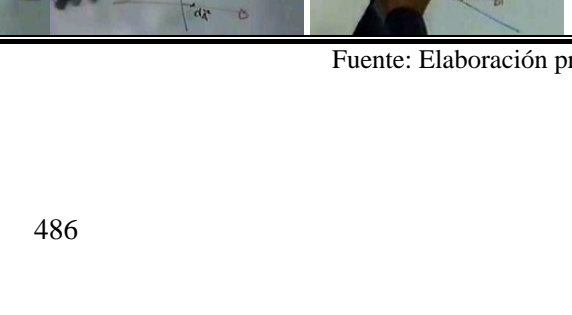
En la segunda fila de la tabla 8.3, episodio D06_P, D07_P, Pere recuerda las relaciones matemáticas que ocurren con el ángulo entre los vectores y su producto escalar, como *una premisa conocida*: “**recuerden el producto escalar entre dos vectores** debe ser cero cuando esos dos vectores son perpendiculares...” (**premisa**) - luego señala apuntando con el índice sobre

la cuarta figura, con el plano horizontal, y escribe ($\phi = 0$). Después, en la tercera fila de la tabla 8.3 va al otro extremo del comportamiento, cuando los dos vectores son paralelos, y repite señalando en la segunda figura, con el plano vertical, y escribe ($\phi = C.A$) que es su solución particular. Luego se dirige a la tercera figura y realiza una *pregunta retórica mientras apunta el plano inclinado*: - “¿Y bajo esta situación, **qué valor tendrá?**”, donde el ángulo vale θ , y así *presentar a la expresión general para el plano inclinado donde aparece la variable del ángulo entre los vectores*, el cual lo añade como parámetro de la ecuación: $\phi = C.A.\cos\theta$ *fórmula del flujo en función del ángulo, ángulo (Tesis 3, que desarrolla la tesis 2 anterior con sus componentes)*.

En el episodio D07_P, *presenta la fórmula de forma gráfica*, resaltando y señalando con el dedo sobre las figuras, el ángulo al redibujar las variables A, θ , y agregando: “**este es el ángulo... que forman estos dos vectores**”. De esta manera, la fórmula de flujo con el ángulo explícito *o manifiesto, queda justificada a través de la serie de dibujos y gestos apuntes* que hace Pere, interpretada en conjunto como un *argumento visual por ilustración matemática - gráfica para la tesis 3*.

En estos episodios D05_P, D06_P y D07_P, Pere desarrolla la fórmula del producto escalar entre los vectores campo y área para determinar el flujo. *Materializa el ángulo entre los vectores en el dibujo, al que les da presencia al dibujarlos, llamarlo al escribir su nombre, y hacerlo real para el cálculo desde la fórmula inicial, presentándolo intuitivamente para los casos extremos del coseno (cero o uno), y que generaliza luego con la fórmula para cualquier ángulo. Pere ha realizado una progresión desde lo más sencillo a lo más complejo, para presentar el ángulo y cómo varía el flujo desde un valor cero a un valor máximo. Se da un proceso de formalización matemática de la fórmula de flujo, que se puede interpretar también como argumento multimodal por ilustración matemática con vectores y sus orientaciones. Primero se ha dado la fórmula y a continuación se ha ido detallando el cálculo. En este caso, como que es un proceso gradual este argumento se puede ver como compuesto por distintas etapas, donde juntas se ven dentro de la macro ilustración*

Tabla 8.3. Episodios D05_P a D09P. Sistema plano en secuencias y el “vector área”.

Introduce la premisa “vector área” al escenario en secuencia Flujo eléctrico. Episodios [D05_P a D09_P]	
Descripción de la explicación	Recursos: Dibujo en secuencia + Vectores + apuntador + ecuación matemática +color
<p>[D05_P]: 8:45 les recuerdo que el vector área uno lo dibuja normalmente como un vector perpendicular a la superficie. (se acerca a los dibujos anteriores y dibuja el vector área, perpendicular a la superficie).</p>	 <p>Primera definición $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$</p> <p>2da 3ra 4ta</p>
<p>[D06_P] y como Uds. recuerdan el producto escalar entre dos vectores debe ser cero cuando esos dos vectores son perpendiculares... (de frente al alumnado señala primero con el dedo para cada figura, y escribe $\phi=0$ en la 4ta figura) de hecho, bajo esta situación (señala 4ta figura) el flujo es exactamente igual a cero...y bajo esta situación (señala 2da figura)</p>	 <p>Primera definición $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$</p> <p>2da 3ra 4ta</p> <p>(aparece el ángulo entre los vectores campo y área)</p>
<p>tiene un valor ($\phi = C.A$) el flujo y bajo esta situación que valor tendrá? (señala 3ra figura) ... este valor entre estos dos extremos ($\phi = C.A \cos \theta$)</p> <p>D07_P ... (ahora redibuja en silencio A, theta) este es el ángulo que forman ... es el ángulo que forman estos dos vectores... esa es una primera definición de flujo...fíjense que lo estoy utilizando con un campo, un campo cualquiera... no necesariamente un campo eléctrico (pausa, borra la pizarra verde).</p>	 <p>Primera definición $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$</p> <p>2da 3ra 4ta</p> <p>(acentúa escribiendo dA, y dibuja pequeños vectores para resaltar que se comporta igual, el ángulo entre el campo y el área es constante)</p>
<p>[D08_P y D09_P] ocurre una particularidad acá... en cualquiera de estos casos, el ángulo que forma el campo eléctrico con cualquier elemento de esa superficie... es el mismo... el ángulo que forma un pedacito de esta área acá es el mismo... son cero grados, lo mismo sucede acá... el campo eléctrico es perpendicular a la superficie, (señala) y en cualquier elemento de área en todo punto de la superficie forma el mismo ángulo. ¿qué tal si luego esta superficie no tiene esa misma forma, en la cual ocurra eso?</p>	 <p>Primera definición $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$</p> <p>2da 3ra 4ta</p>

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la cuarta fila de la tabla 8.3, en los episodios D08_P, D09_P, Pere *prepara a la audiencia a lo que vendrá* a través del dibujo y de su discurso. Detalla los vectores área en el plano vertical mientras expresa: “**acá ocurre una particularidad: el ángulo que forma el campo eléctrico con cualquier elemento de esa superficie, es el mismo**” (*tesis 4*). Pere, dibuja *el vector área a lo largo del plano* destacando el comportamiento constante respecto al vector campo para cada figura; presentando así la uniformidad en la relación entre ellos. Pere, introduce al vector $d\mathbf{A}$, como el vector que dibuja en varios pedacitos de área, y que los estudiantes relacionan por su afinidad matemática a diferenciales de área. Se interpreta como un *argumento cuasi lógico matemático por comparación (geométrico)*. Como que primero se ha enunciado la tesis y después se justifica con la serie de dibujos, se interpreta también como un *argumento visual por ilustración gráfica*. Y abre la conexión a lo que vendrá con una *pregunta crítica que contribuye a la preparación de la audiencia* para agregar algo más complejo: “**¿qué tal si luego esta superficie no tiene esa misma forma**, en la cual ocurra eso? – y así inicia el siguiente segmento donde presenta una superficie diferente al plano.

En resumen, Pere, da sentido a las figuras dibujadas para que se interpreten los conceptos correctamente y convencer de sus significados a los estudiantes. Los dibujos o sucesión de los mismos constituyen el *argumento visual cuasilógico* con gráficos propios de las matemáticas e interpretado también como argumento visual por ilustración gráfica. La *tesis 4* que se ha justificado sirve de *preparación de la audiencia para lo que vendrá* que sería usar los $d\mathbf{A}$ en el cálculo del flujo en superficies no planas, mediante una pregunta crítica al final de D09_P.

8.2.3 La superficie no plana y el flujo como integral.

En la tabla 8.4 con cuatro filas, episodios D10_P a D13_P, Pere, *presenta un nuevo escenario en la segunda pizarra* (escenario 2_P: superficie no plana esférica), formado por una superficie diferente al plano, con la finalidad de mostrar un comportamiento diferente del vector área respecto al campo. En la primera fila de la tabla 8.4 Pere, *presenta y dibuja un sistema formado por la mitad de un cascaron esférico* y dibuja un campo inicialmente llamado E, que luego borra para llamarlo como “un campo C cualquiera” representado por *líneas de campo*, usando colores.

En la segunda fila, episodio D11_P, *da presencia a los elementos que forman el producto escalar*, reforzando la fórmula anterior $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$ (*tesis 2*). Pere busca diferencias entre el ángulo que forman los vectores área y campo, realiza el andamiaje al iniciar con puntos que tienen alguna similitud con los puntos presentado en la pizarra anterior, por ejemplo; cuando el ángulo es cero o noventa grados. Inicia presentando el vector área, como un elemento diferencial de área, dándole *presencia de forma gráfica*, al dibujar el vector, *de forma escrita*, al escribir su nombre usando la nomenclatura, *gestualmente* al señalarlo y *verbalmente* al decir: “Fíjense (..) **si yo dibujo un pequeño elemento de área por acá**. (dibuja el vector área alineado con la línea de campo y lo señala apuntando con el índice) **casualmente estos vectores son paralelos**”. Y *repite dibujando otro pequeño recuadro sobre el cascaron*, con su vector área saliendo perpendicular y señala al decir: “pero que tal uno por acá, que son **perpendiculares**”.

Pere con el dibujo y la gestualidad señalando, da presencia y hace ver los diferenciales de área; y muestra que no son paralelos entre sí.

En la tercera fila, Pere relaciona esta nueva figura, de la superficie esférica y su análisis, con los análisis sobre los dibujos del plano inclinado en la pizarra anterior, mostrando la dificultad del concepto de flujo para esta nueva figura. Pere, presenta cómo cambia la dirección y sentido del vector área respecto al vector campo. Se muestra en la parte superior como va *dibujando recuadros sobre el cascaron, con sus respectivos vector área*, y señala con el índice el ubicado en la parte superior, para *destacar la relación con la línea del campo y el ángulo que forman*. *Muestra la dificultad del cálculo de flujo* cuando afirma “y () si tomamos un elemento de área por acá...(pausa) y entonces, **el cálculo del flujo ya no es tan sencillo**, como hacer el producto entre esos dos vectores que tengo allá” (*tesis 5*), para señalar con el brazo extendido a la primera pizarra con el sistema del plano en secuencia, esta parte se puede interpretar como *una preparación de la audiencia al contenido que vendrá*, con esta afirmación de hecho se refuta la *tesis 2* anterior.

Pere, para destacar diferencias, *utiliza la repetición como estrategia didáctica*, ha repetido el proceso de: tomar tres puntos de la figura para mostrar la relación entre los vectores: perpendicular, paralela e inclinados formando un ángulo, *similar al episodio D06_P con el plano, pero ahora en el cascaron*. Pere utiliza el argumento *cuasi lógico por comparación*, para justificar la *tesis 5*, *lo destaca y prepara a la audiencia* al expresar “**el cálculo del flujo ya no es tan sencillo**” refiriéndose a que las cosas se van complicando y **que la expresión del producto escalar usada para el plano no es suficiente**”.

En la última fila de la tabla 8.4, episodio D12_P y D13_P, Pere realiza la *formalización de la expresión general para el flujo utilizando la integral*, que viene a representar la siguiente **tesis 6** de este segmento, y que supone será aceptada por los estudiantes ya que ha *sido justificada a través de la secuencia de dibujos*, afirmando “**eso es una integral de área ¿okey?** Ese es el flujo del campo...”, y la propone en **forma de integral con el diferencial de área (tesis 6)**:

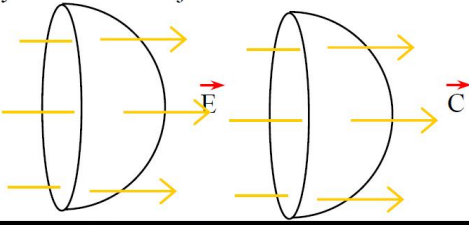
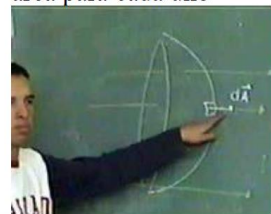

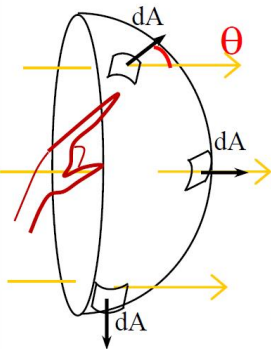
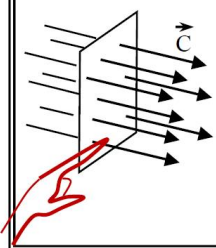
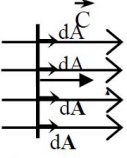
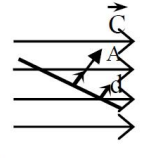
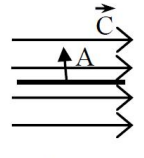

$$\phi = \int_{\text{área}} \vec{C} \cdot d\vec{A}$$

Pere escribe la formula afirmando que es una integral de área, pero que no acaba de justificar. Se interpreta como un *argumento de autoridad* (por relación de coexistencia, basado en estructura de la realidad) que tiene el soporte de la familiaridad de los estudiantes con el lenguaje matemático de diferenciales y de integrales, que les hace aceptar fácilmente la fórmula.

Pere utiliza una estrategia que enlaza las dos pizarras, los segmentos D10_P y D11_P, representan un razonamiento *cuasi lógico por comparación* en el procedimiento, cuando Pere con su discurso multimodal, realiza el andamiaje para hacer converger los tres casos mostrados en las tres figuras en secuencia de la ilustración anterior (tabla 8.3) ubicada en la primera pizarra (pizarra blanca), y hacerlos *ver* sobre una misma figura en la segunda pizarra (pizarra verde) con la superficie del cascaron. Pere utiliza el *argumento cuasi lógico por comparación*, para justificar que en superficies no planas el cálculo no es tan sencillo como calcular sólo el producto escalar entre campo y vector área, planteado en superficies planas (**tesis 6**).

En la historia global se presentan dos escenarios dibujados: el plano (escenario 1_P) y el cascaron esférico (escenario 2_P), ambos en una región de campo uniforme. Pere se mueve entre las dos pizarras, la pizarra nueva (blanca) la construye repitiendo pasos similares de la primera pizarra (verde), pero en *un nuevo escenario*, para darle una *guía al estudiante* y *facilitarle las comparaciones*, haciendo referencia y recuerdo (estrategia didáctica), al análisis de la superficie plana que ya se conoce (D05_P a D09_P).

Tabla 8.4. Episodios D10_P al D13_P. Sistema cascaron esférico y el vector área.

El vector área en una superficie esférica. Flujo eléctrico. Episodios [D10_P a D13_P].	
La explicación y la Interacción con dos pizarras	Recursos Dibujo Vectores+ color (amarillo el campo, rojo el ángulo) + apuntador
[D10_P] 8:49 voy a intentar dibujar una ese es un cascaron o un semicascarón esférico (pausa) y dibujamos un campo eléctrico E (escribe) o un campo cualquiera C (borra la E y escribe C) fíjense que pasa por aquí	pizarra verde: dibuja el cascaron... pausa, regresa al escritorio por colores amarillo y rojo. y dibuja líneas y la letra C en rojo 
[D11_P] 8:50 fíjense (...) si yo dibujo un pequeño elemento de área por acá. (dibuja colocando el vector en la parte media). de esta manera...bueno en este punto (señala) casualmente estos vectores son paralelos, .. pero que tal uno por acá. (dibuja en la parte inferior del cascaron). (pausa) donde se consiguen que son perpendiculares.	Dibuja elementos de área y coloca el vector área para cada uno  
Pizarra verde 	Pizarra blanca <div> Ley de Gauss Flujo Eléctrico Primera definición $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$     $\phi = C \cdot A$ $\phi = C \cdot A \cdot \cos \theta$ $\phi = 0$ </div>
y además ocurre que por ejemplo si tomamos un elemento de área por acá...(pausa) y entonces, el cálculo del flujo sobre este campo (señala el campo) ya no es tan sencillo como hacer el producto entre esos dos vectores que tengo allá (señalando la pizarra blanca con el plano) aquel que teníamos por allá... (señala rápidamente con el dedo)(dibuja en la parte superior, colocando el vector dA, y el ángulo θ en rojo)	
D12_P 8:51:30 Ahora... (escribe la integral) vamos ahora a calcularlo de esa forma (pausa) D13_P eso es una integral de área, ¿okey? ese es el flujo del campo ...E (pausa, esperando que copien)	$\phi = \int_{\text{área}} \vec{C} \cdot d\vec{A}$ (regresa al escritorio)

Fuente: Elaboración propia

Los segmentos D10_P a D13_P, representan un *macro argumento de ilustración*, que incluye un *argumento cuasi lógico por comparación*. Este macro argumento está conectado al macro argumento anterior del plano, a través de la *pregunta crítica para hacer pensar* “¿qué sucede con el concepto del flujo, si la superficie no es plana? (D09_P). Con esta pregunta, que parte de la tesis-premisa de flujo descriptivo como cantidad de líneas que atraviesan la superficie, y formalizada matemáticamente como “un producto escalar entre los vectores campo y área”, *se prepara a la audiencia* para el desarrollo más detallado de *la fórmula de flujo como integral de área del producto campo por diferencial de área (tesis 7)* en (D13_P) que Pere escribe con la introducción del elemento diferencial de área $d\mathbf{A}$, y la integral de área, con su formalismo en una superficie semiesférica abierta, pero que no acaba de justificar. Se interpreta un *argumento de autoridad* que tiene el soporte de la familiaridad de los estudiantes con el lenguaje matemático de diferenciales y de integrales (*premisa*).

8.2.4 Flujo para superficie cerrada.

En el presente apartado Pere inicia un nuevo sistema para la explicación (escenario 3_P: el dipolo y líneas de campo), pero luego se regresa al sistema anterior del hemisferio para introducir el concepto de superficie cerrada (escenario 2_P), que se muestra contenido en la tabla 8.5; la cual muestra en cuatro filas la explicación inicial de flujo, tomando en cuenta los conceptos de líneas de campo, superficie abierta, superficie cerrada y la relación con el cálculo del flujo. En la tabla 8.5 se analiza en dos filas la pregunta: “**¿el flujo en una superficie cerrada puede ser cero o diferente de cero, y si es distinto de cero a qué es igual?**” (*pregunta para hacer pensar*).

En la primera fila de la tabla 8.5, episodio D14_P, Pere *prepara a la audiencia para introducir la ley de Gauss*. Para ello borra la primera pizarra, dejando sólo el título “Ley de Gauss” y *anuncia el contenido que van a tratar y recuerda otro contenido*: “**ahora si vamos a hablar de la ley de Gauss, ... y para ello voy a recordar las líneas de campo eléctrico usando el dipolo eléctrico**” (*preparación de la audiencia*). Y seguidamente *define una propiedad de las líneas de campo a partir de lo que saben (premisa)* que llama la atención ya que Pere ha utilizado y dibujado las líneas de campo en el segmento anterior, creando relación con el campo eléctrico, que la ha definido de manera gráfica en la pizarra.

Pere continua con la *preparación de la audiencia con un recuerdo*, cuando expresa: “...se **recuerdan del campo eléctrico**, hay líneas de campo eléctrico, **son líneas de fuerza...** líneas que actúan...de esta manera...”, mientras dibuja el dipolo y las líneas de campo, “...**salen del positivo y llegan al negativo...**”, que será *una premisa aceptada ya que dibuja el dipolo en la pizarra con las líneas de campo (premise)*, y hace una pausa.

Pere en D14_P, *prepara a la audiencia para introducir lo que vendrá: la ley de Gauss*, y utiliza la *estrategia de anticipación tipo recuerdo* para introducir características de las líneas de campo usando el dipolo como escenario. *El dibujo tiene la función de hacer ver y dar presencia a las líneas de campo*, mientras las describe verbalmente: salen del positivo y llegan al negativo del dipolo (*premise ya aceptada*).

En la segunda fila, en el episodio D15_P, Pere cambia de pizarra y utiliza nuevamente el sistema semi cascarón que esta dibujado para construir un concepto nuevo, al distinguir cuando *la superficie es abierta o cuando es cerrada (nuevas entidades) (premise)*. “Esta área de aquí (señala al semi cascarón) es una superficie abierta”, para luego volver atrás en la **definición de flujo como integral**. A medida que explica escribe en la pizarra y destaca la diferencia en el uso de la simbología matemática de la integral del flujo cuando es a través de una superficie abierta o cerrada, *presentando una nueva simbología en la pizarra con el circulo en la integral para referirse a la integral cerrada*. Así mismo continúa agregando descripción al concepto de flujo en superficie cerrada, al expresar “esta es una cantidad que pudiera ser igual o diferente de cero” mientras lo escribe *usando lenguaje matemático (tesis 7)*.

Efectivamente en D15_P, presenta la ecuación para el flujo a través de una superficie cerrada:

$\phi_C = \oint \vec{C} \cdot d\vec{A}$ y añade que el valor del flujo en una superficie cerrada “puede ser igual o distinta de cero” y lo escribe en la pizarra, esta afirmación junto con el simbolismo matemático se considera otra tesis. (*tesis 7*) .

En la tercera fila y cuarta fila de la tabla 8.5, en el episodio D16_P, continúa haciendo uso del semi cascaron para dar significado a la descripción del flujo que acaba de dar para *superficie cerrada*. Pere repite la *definición inicial descriptiva de flujo (tesis 1)*: “el flujo es el número de líneas que entran en una superficie... lo podemos ver fácilmente, si yo tengo este cascaron (“abrazo” la figura) ...y cuento las líneas que entra por un lado (gestualiza con el brazo izq. hacia adelante) y les resto las que entran por el otro lado”, , y este número puede ser cero o distinto de cero” (*tesis 8*). Esto le sirve de base para *usar como superficie cerrada el dibujo del*

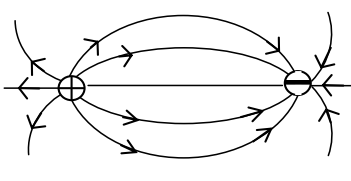
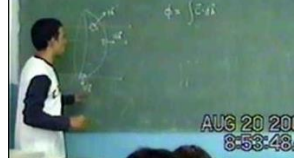
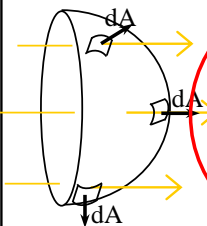
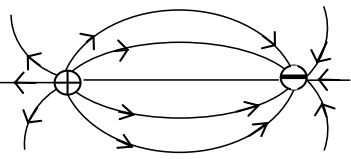


cascarón, pero esta vez imaginándolo cerrado. Lo que hace es aplicar en el caso del semi cascarón cerrado para el cálculo de flujo la forma cualitativa dada anteriormente (la que se numera *tesis 1*).

Si se detalla en el proceso, Pere cierra el cascarón de manera imaginaria, *gesticulando con los brazos alrededor del dibujo* para *dar presencia* al cascaron semiesférico como superficie cerrada. en la pizarra, para representarlo. Y *hace una pregunta crítica para hacer pensar a los estudiantes*: “¿y cuál es el flujo que me debería dar si yo encierro completamente a este **cascarón?**” y gesticulando sobre el cascarón con las manos como si fueran las líneas, y responde el mismo: “**el número de líneas que entran son iguales a las que salen, entonces el flujo neto sería cero**” [D16_P]. Se habla aquí del caso de una superficie cerrada no plana (el cascaron o semiesfera) (*premisa*) y se argumenta contando el número de líneas de fuerza que entran y las que salen, que el flujo en esta superficie cerrada podría ser cero (*argumento visual cuasi lógico*). Este cálculo se concreta a un caso particular, el caso del cascaron, o *ejemplo 1*, en el que el cálculo del flujo a través de esta superficie cerrada puede ser efectivamente **cero**. Otra premisa sería la *tesis 1* ya aceptada.

Pere en D16_P, hace uso de la gestualidad y de la imagen del semi cascaron, para *dar presencia y hacer ver una superficie cerrada*, al cerrar el cascaron con los brazos y presentar así que el número de líneas que entran serán iguales a las que salen, por lo que el flujo neto en esta superficie cerrada será cero. *El dibujo y los gestos contribuyen a la función del cálculo de flujo con la primera definición cualitativa del flujo*, como el número de líneas que atraviesan la superficie, y justificar que **en una superficie cerrada el flujo puede ser cero (Tesis 8)** (*argumento visual cuasilógico*) Pero que también se puede interpretar como argumento por el ejemplo (caso del cascaron cerrado, ejemplo 1).

En la quinta fila de la tabla 8.5, al final del episodio D16_P, Pere *prepara a la audiencia a la nueva explicación (utilidad)*, creando el enlace con *una pregunta para pensar*: “¿**podiera ser distinta de cero? eso vamos a ver específicamente con la ley de Gauss**, cuándo es distinto de cero, y **si es distinto de cero ¿a qué es igual?**” que se resolverá en D17_P. Se refiere a la *tesis 8* completa: “El flujo a través de una superficie cerrada ... puede ser cero o distinto de cero”

Tabla 8.5. Episodios D14_P al D16_P. Sistema “dipolo” y las líneas de campo.

Sistema “Dipolo” y las líneas de campo. Flujo eléctrico. Episodios [D14_P a D16_P].	
La explicación	Recursos: Dibujo + color + vectores + dos pizarras
<p>[D14_P] 8:52:30 ahora si vamos a hablar de la ley de gauss... Refiriéndonos a esta nueva definición matemática... (<i>borra la pizarra</i>) y para ello voy a recordar las líneas de campo eléctrico usando el dipolo eléctrico... se recuerdan del campo eléctrico, hay líneas de campo eléctrico, son líneas de fuerza... líneas que actúan...de esta manera, particularmente para un dipolo (<i>dibuja el dipolo mientras habla</i>) salen del positivo y llegan al negativo (<i>dibuja el dipolo en la pizarra</i>) (pausa)</p>	<p>(va a la pizarra blanca, mientras habla)</p> <div> <p>Ley de Gauss</p>  </div>
<p>[D15_P] 8:53:30 bueno no hemos dicho nada de <u>esta área</u> (<i>señala el cascaron</i>). aquí es una superficie abierta... (Regresa a la expresión de flujo en la pizarra verde, borra “área” y escribe “sup-abierta”) pero si es cerrada (<i>escribe otra ecuación</i>) lo especificamos con este circulito alrededor de la integral (pausa) bueno...esta es una cantidad (<i>señala</i>) que pudiera ser igual o distinta de cero... o distinta de cero (<i>copia</i>)</p>	
<div>  <div> $\phi = \int_{Sup. Abierta} \vec{C} \cdot d\vec{A}$ $\phi_C = \oint \vec{C} \cdot d\vec{A} \begin{cases} = 0 \\ \neq 0 \end{cases}$ </div> </div>	<div> <p>Ley de Gauss</p>  </div>
<p>[D16_P] Tengan en mente eso de que el flujo es el número de líneas que entran en una superficie... lo podemos ver fácilmente, si yo tengo este cascaron (“abrazo” la figura) ...y cuento las líneas que entra por un lado (<i>gestualiza con el brazo izq. hacia adelante</i>) y les resto las que entran por el otro lado. (<i>gestualiza ahora con el brazo derecho</i>)</p>	
<p>de esa manera calculo (<i>con los dos brazos y las manos abiertas</i>) el flujo neto... ¿y cuál es el flujo que me debería dar si yo encierro completamente a este cascaron? (<i>repite abrazando el cascaron</i>), (<i>murmillos alumnos respondiendo</i>) el número de líneas que entran por un lado son iguales a las que salen...(mueve brazos) entonces el flujo neto sería cero,</p>	<div>  <p>Gestualiza el cascarón cerrado completamente</p> </div>
<p>eso es lo que ocurre, de manera que eso es lo que ocurre cuando se usan las superficies cerradas, okay? ¿pudiera ser distinta de cero? eso vamos a ver específicamente con la ley de gauss, cuándo es distinto de cero, y si es distinto de cero ¿a qué es igual?</p>	

Fuente: Elaboración propia

8.2.5 El dipolo, flujo eléctrico y la expresión de Gauss.

En la tabla 8.6, Pere retoma el escenario del dipolo (escenario 3_P), con el concepto de flujo en superficie cerrada ya construido inicialmente y con la pregunta crítica anterior: **¿a qué es igual el flujo en una superficie cerrada?** Pere continua con la explicación del concepto de flujo en superficies cerradas, y dibuja sobre la figura del dipolo superficies cerradas, contando las líneas que entran y salen de la superficie, que en las primeras el flujo da cero, como acaban de ver con el cascarón. Pere realiza *la preparación de la audiencia hacia una nueva situación donde el flujo es diferente de cero*, y consigue la participación de los estudiantes. A continuación, el detalle de lo sucedido en la explicación.

En la primera fila de la tabla 8.6, episodio D17_P, Pere dibuja mientras dice: **“yo voy a agarrar una superficie cerrada...y la voy a colocar acá...y puede tener cualquier forma, una forma amorfa”**. Con esta expresión, *hace real y tangible, a la superficie cerrada*, revistiéndola de *presencia*; y la *materializa* al dibujarla en la parte centro inferior del sistema del dipolo, colocándole nombre con las letras S1: **“Fíjense que sobre esta superficie S1... entran dos líneas por un costado y salen otro par de líneas por el otro costado (dibuja remarcando las flechas del campo) de manera que el flujo neto sobre esa superficie... ¿cuánto debería ser?”**. La respuesta a esta pregunta será todavía la *tesis 8*, Pere realiza *la pregunta para hacer pensar a los estudiantes*, y logra *la interacción con ellos* cuando los estudiantes contestan: **“cero”**, y luego escribe la expresión. Aquí se pueden identificar las premisas ya usadas anteriormente (*premisas*: tesis 1, superficie cerrada, elementos del dipolo - carga eléctrica positiva/negativa, campo eléctrico y líneas de campo eléctrico, como se dibujan y comportan en un dipolo).

Pere [D17_P y D18_P] *utiliza el dibujo para presentar la superficie cerrada sobre el escenario del dipolo con las líneas de campo y verificar con los estudiantes su comprensión sobre el cálculo del flujo de forma cualitativa e introduce la nomenclatura “ Φ_E ” para el flujo de campo eléctrico específicamente. Se identifica aquí un segundo ejemplo, superficie cerrada S1, al que Pere aplica la fórmula descriptiva del flujo para superficie cerrada, y se interpreta como un argumento por el ejemplo*

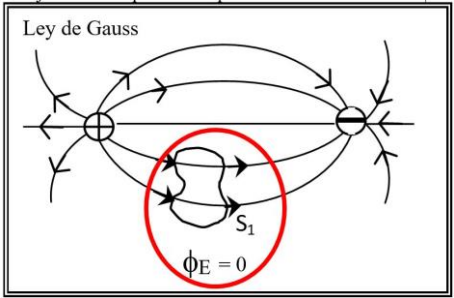
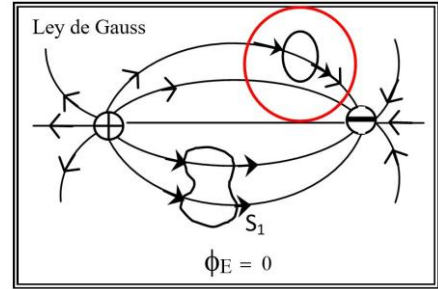
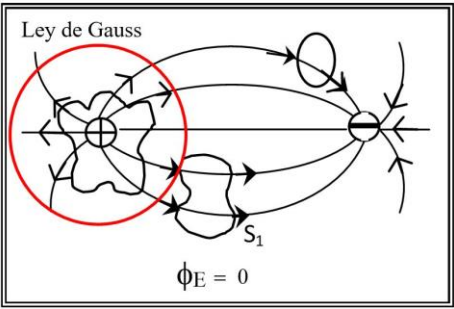
En la segunda fila de la tabla 8.6, episodio D18_P, repite la explicación anterior: **“Ahora voy a agarrar otra área... y nuevamente ocurre lo que paso acá”** (refiriéndose a que también el flujo es cero) (sigue en *tesis 8*), y dibuja entre el dipolo una segunda superficie cerrada, ahora en la parte superior, remarcando el sentido de la línea de campo, dibujando flechas que indican que

entra y sale de la superficie dibujada. Este sería el ejemplo 3. Se identifica aquí otro *argumento por el ejemplo* (caso 3), de flujo en superficie cerrada de valor cero.

En la tercera fila de la tabla 8.6, continuando el episodio D18_P, cambia la situación para una respuesta diferente: “**pero ¿qué tal si yo agarro ... una superficie cerrada?** nuevamente... **pero la coloco allí**” (pregunta para hacer pensar) –dibuja una tercera superficie encerrando a la carga positiva – “solo hay líneas de campo o líneas de fuerza que salen de esa región” (ejemplo 4) y afirma, respondiendo el mismo: “entonces **el flujo eléctrico será distinto de cero, ¿cierto?**”. Y así, *con otra pregunta “¿cierto?”*, que sería retórica ya que la responde el mismo profesor, *conecta al desarrollo de la expresión matemática de la ley de Gauss*: “**pero ¿a qué es igual?**” (*nueva pregunta para hacer pensar*). La respuesta a esta pregunta será la misma *tesis 8*, para el flujo distinto de cero ($\phi \neq 0$). Se trata del ejemplo 4, que se interpreta como *argumento por el ejemplo* (caso 4). Las premisas para este *macro argumento por el ejemplo* y para los *argumentos parciales cuasi lógicos* serían las mismas de las que se parte para la *tesis 8* en el ejemplo 1, del apartado anterior

El dibujo es fundamental para ver las nociones que se definen y para poder hacer cálculos cualitativos, a la vez que *forman la base demostrativa de las tesis planteadas*. En este sentido el dibujo forma parte de la construcción del *argumento visual o multimodal*. Se puede interpretar como *argumento de ejemplo* ya que parte de diversas situaciones concretas que sirven para generalizar el cálculo del flujo eléctrico (*tesis 8*). Así mismo participa de las características de un *argumento cuasi lógico basado en relaciones matemáticas* ya que se sirve de contar números de líneas de fuerza que entran y salen en los diversos ejemplos planteados. Se pueden ver como diversos argumentos por el ejemplo agrupados para convencer de una sola *tesis 8*, como un *macro argumento por el ejemplo* que se elabora mediante diversos argumentos por el ejemplo. En cada ejemplo se identifica un argumento cuasi lógico.

Tabla 8.6. Episodios D17_P al D18_P. Dipolo eléctrico y flujo en superficies cerradas.

El dipolo eléctrico. ¿El flujo eléctrico en superficies cerradas siempre será cero? Episodios [D17_P y D18_P].	
La explicación	Recursos Dibujo Vectores + color
<p>[D17_P] 8:55:40 yo voy a agarrar una superficie cerrada... y la voy a colocar acá...y puede tener cualquier forma, una forma amorfa (<i>dibuja</i>)</p> <p>Fíjense que sobre esta superficie S1..Entran dos líneas por un costado y salen otro par de líneas por el otro costado..(remarca)</p> <p>de manera que el flujo neto sobre esa superficie... cuanto debería ser? (contestan: cero) ... (escribe la expresión $\phi=0$)</p>	<p>trabaja sobre el esquema del dipolo, coloca nombre S1 y remarca flechas.</p> 
<p>[D18_P] 8:56:30 Ejemplifica flujo con superficie cerrada, sobre el dipolo</p> <p>Ahora voy a agarrar otra área...lo voy a hacer por acá... y nuevamente ocurre lo que paso acá (<i>refiriéndose a que también el flujo es cero</i>),</p> <p>(dibuja arriba entre las cargas, y remarca flechas)</p>	
<p>pero qué tal si yo agarro un área una superficie cerrada nuevamente, también amorfa, pero la coloco allí... (<i>dibuja en la carga positiva</i>)</p> <p>fíjate que allí, solo hay líneas de campo o líneas de fuerza que salen de esa región, entonces el flujo eléctrico será distinto de cero, cierto?</p> <p>Pero ¿a qué es igual?</p>	 <p>(encierra la carga positiva, remarca flechitas)</p>

Fuente: Elaboración propia

8.2.6 La expresión de la ley de Gauss.

En la tabla 8.7 formada por cuatro filas, se describen los episodios D19_P y D20_P de la explicación de Pere. En la primera fila se muestra el estado de las dos pizarras con las que ha desarrollado su explicación hasta ahora, en la primera el desarrollo matemático con la expresión del flujo como una integral y en la última el dibujo del sistema dipolo, líneas de campo y

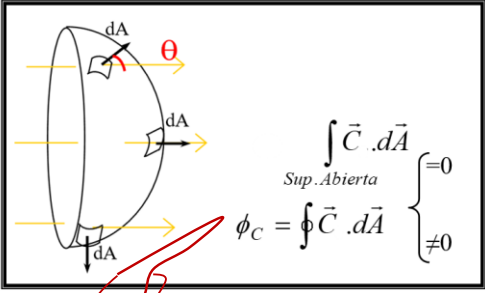
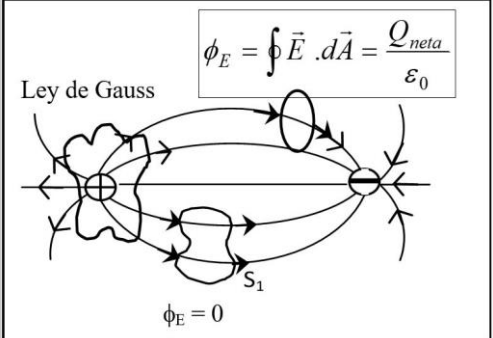
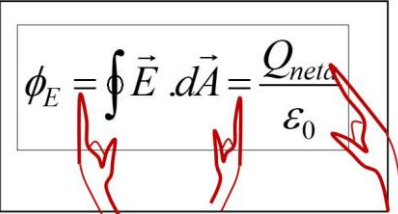
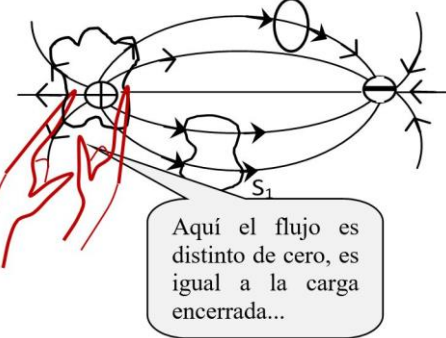

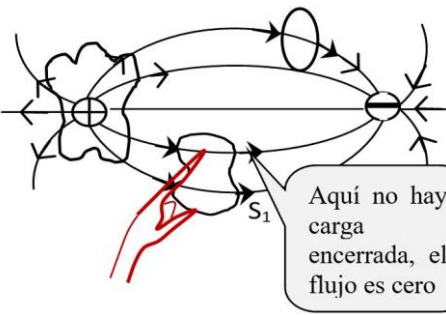


superficies cerradas. Pere, ahora que ya tiene la expresión de la integral de flujo para superficie cerrada, y ha quedado con la *pregunta ¿a qué es igual el flujo, si es distinto de cero?*

En la segunda fila de la tabla 8.7, episodio D19_P, Pere *recuerda la ecuación en la primera pizarra para presentar la ley de Gauss (tesis 9)*: “bueno, Gauss estableció que ese flujo, de campo eléctrico sobre una superficie cerrada...lo calculamos resolviendo esa integral...**es igual a la carga neta encerrada entre una constante que ya sabemos cómo se llama, la permitividad eléctrica**, (copia la ecuación y la enmarca) ... “**Ley de Gauss...** (encierra dentro de un cuadro, y se dirige al centro) (pausa)”. Y así se adelanta la *tesis 9 de la expresión formal de la ley de Gauss* que queda justificada y se hace creíble por un *argumento de autoridad*. Aquí se cita la **permitividad eléctrica** como conocida por los estudiantes por lo que se toma como *premisa* de este argumento. Otra premisa será la concepción de superficie abierta y de superficie cerrada (*premisa*) que se va usando.

Pere, utiliza el macro *argumento por el ejemplo* del dipolo, para preparar al estudiante para una *nueva entidad*: la ley de Gauss. Inicia presentando la expresión matemática del flujo para superficie cerrada, luego aplica y justifica de manera gráfica el concepto cualitativo de flujo para varias superficies cerradas sobre el dipolo. Finalmente, utiliza *el argumento por citación de autoridad*, presentando la expresión matemática de la ley de Gauss $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = Q_{\text{neta}} / \epsilon_0$ (*tesis 9*), donde aparece por primera vez el campo eléctrico en la ecuación, *aparece el flujo como una entidad en función de la carga eléctrica y la permitividad eléctrica*, que le da al flujo una nueva expresión, y Pere *destaca la importancia y le da presencia* al encerrar la expresión en un recuadro y señalarlo con los dedos.

En la siguiente fila, episodio D20_P, se observa el *uso de la repetición como estrategia didáctica para construir el concepto* soportada en la *interacción entre gestualidad, el dibujo del dipolo y la ecuación enmarcada*. Pere retoma la dinámica del dipolo, cuando el flujo es cero o diferente de cero, y el comportamiento de la ecuación para establecer las relaciones entre las variables que intervienen, pero cambiando el orden. Se refiere al flujo a través de la superficie que encierra a la carga positiva, que es diferente de cero, Pere dice: -“ si es distinta de cero, esta integral, (señala $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$) entonces es igual a este valor” – *señala en la ecuación* $= Q_{\text{neta}} / \epsilon_0$ y en el dipolo señala a la carga positiva (*Tesis 9*).

Tabla 8.7. Episodios D19_P al D20_P. Ley de Gauss.

La expresión de la Ley de Gauss. Trabaja con la expresión matemática y Dipolo. Episodios [D19_P y D20_P].	
La explicación	Recursos Dibujo Vectores+ color
<p>Pizarra verde:</p> 	<p>Pizarra blanca</p> 
<p>[D19_P] 8:57 <i>señala con el dedo a la pizarra verde y copia la Ley de Gauss en la blanca.</i> bueno Gauss estableció que ese flujo, de campo eléctrico sobre una superficie cerrada... lo calculamos de <u>aquella</u> (señala la integral) manera, es decir ...resolviendo esa integral...es igual a la carga neta encerrada entre una constante que ya sabemos cómo se llama (copia la ecuación y la enmarca) ... la permitividad eléctrica, Ley de Gauss... (encierra dentro de un cuadro., y se dirige al centro) (pausa)</p>	  <p>Aquí el flujo es distinto de cero, es igual a la carga encerrada...</p>
<p>[D20_P] 8:57:45 ...si es distinta de cero... (se “lanza” a la pizarra y encierra con las manos la integral de la ecuación) esta integral, entonces es igual a este valor (señala el lado derecho de la igualdad... y señala la carga positiva)</p> 	 <p>Aquí no hay carga encerrada, el flujo es cero</p>
<p>y si es igual a cero... (señala en el dipolo) entonces dentro de esa superficie cerrada. (se dirige hacia los estudiantes e indica “no” con la mano) ... NO hay carga neta encerrada... (pausa)</p>  	

Fuente: Elaboración propia

En la cuarta fila, episodio D20_P, Pere continúa relacionando la ecuación de Gauss con lo analizado en el dipolo: “y si es igual a cero, entonces dentro de esa superficie cerrada **no** hay carga neta encerrada.”, y señala a la superficie S1 en el dipolo, negando con la mano. Pere compara las dos superficies cerradas dibujadas en el dipolo (una rodeando la carga y la otra no). La función de los dibujos es el cálculo del flujo y la confirmación de que la ley de Gauss funciona, comportándose el dibujo y la gestualidad como *un argumento visual de ilustración* que ayuda a convencer y a hacer creíble a la ley de Gauss (*tesis 9*) en este escenario particular. Pero no del todo, la expresión de la ley en función de la Q y la permitividad, no deja de ser un *argumento de autoridad*, sin más demostración matemática, todo y que la **permitividad** es presentada como una entidad ya conocida por los alumnos (*premisa*).

Con estos dos episodios [D19_P y D20_P], Pere presenta **la ley de Gauss** y relaciona los dos lados de la igualdad:

- relaciona la parte derecha de la integral con la *tesis 7* anterior (ahora premisa) de la ecuación de flujo de un campo cualquiera ahora aplicada al campo eléctrico, y la enlaza señalando la ecuación para superficie cerrada en la pizarra anterior, aunque la diferencia sustituyendo la variable del campo C por la correspondiente E del campo eléctrico: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$
- presenta y refuerza significado a las componentes del lado derecho de la Ley de Gauss, carga eléctrica y permitividad eléctrica. $Q_{\text{neto}} / \epsilon_0$
- presenta **a la carga neta encerrada** como un parámetro para determinar el flujo a través de una superficie cerrada, más allá de la definición inicial cualitativa del número de líneas que la atraviesan.
- hace énfasis al abrazar o acotar con las manos el lado derecho de la ecuación y relacionarlo con la carga, si el flujo es cero es que la carga es cero, “no hay carga neta”
- Pere en el escenario del dipolo, en D20_P, comprueba la ley Gauss [D19_P] (*argumento por autoridad científica*). Resalta la utilidad de esta nueva expresión para el caso cuando el flujo es diferente de cero (*argumento pragmático*), expresando el valor del flujo en función de la carga encerrada, pero bien se puede tomar como otro ejemplo para el caso particular de flujo diferente de cero. Luego verifica los ejemplos anteriores [D17_P, D18_P] cuando el flujo es igual a cero, y lo justifica en función de que no hay carga encerrada (*argumentos por el ejemplo* para la tesis 8 y tesis 9).
- Todo este segmento se puede considerar un *macro argumento por el ejemplo*.

8.2.7 Pere, el flujo y la analogía entre el dipolo y un llenado de tanque.

Pere, después del apartado anterior, hace una pausa mientras los alumnos copian o preguntan. En la tabla 8.8, de cuatro filas Pere presenta como cierre del desarrollo teórico, la conexión del concepto de flujo con el conjunto de ecuaciones de la teoría electromagnética; además presenta *una analogía recordando a la teoría de fluidos*.

En la primera fila de la tabla 8.8, el episodio D22_P, comenta sobre la ley y el personaje de Gauss: “Fíjense la palabra flujo ... de hecho esta ley por cuestiones de cronologías de las ciencias primero hubo un desarrollo en la teoría de fluidos, flujo de fluidos y luego la parte de la teoría electromagnética”, “Esta es una de las primeras ecuaciones de la teoría electromagnética, la ley de Gauss” (*tesis 10*). *Preparación de la audiencia para la analogía del flujo*, parece ser *preparación por la importancia* dentro de la física. Remarca que “*debemos al Sr. Gauss*” esta analogía, cosa que facilita su aceptación, se interpreta como *un argumento de autoridad que sirve para dar importancia y aceptar este razonamiento analógico*. La familiarización de los estudiantes con el nombre de Gauss (ley de Gauss y físico-matemático destacado) es un punto de partida para convencer (*premisa*).

Y comenta un poco sobre el Sr. Gauss: “quizás un poquito tramposo el señor Gauss, porque realmente se valió de herramientas matemáticas ya usadas en otras áreas de conocimiento para establecer que esto es así, y no tuvo pena en utilizar las mismas ecuaciones para flujo”. Pere *realiza la preparación de la audiencia, con una ironía sobre el físico Gauss*, que le hace muy cercano a los alumnos que ya tienen la palabra flujo como muy familiar o asociada a corriente de agua o de fluido. Aquí se puede ver *una aceptación por analogía de la ley de Gauss y también creación de comunión con esta audiencia*.

En el fragmento del episodio D22_P se representa un claro ejemplo de argumento por *citación de autoridad*, ya que el profesor fundamenta soportado en el aporte de un científico, pero dándole cualidades humanas, que permitan hacerlo cercano a la audiencia. Pero a su vez se nota la intención de acercarse a la audiencia (*comunión con el auditorio*) cuando humaniza al científico con características de personas comunes, no esperadas en una autoridad científica, como lo es el de “hacer un poco de trampa”.

En la segunda fila de la tabla 8.8, episodio D23_P, Pere *prepara a la audiencia a lo que vendrá*, introduce la entidad *flujo de fluidos* y la relaciona a la premisa *flujo con una pregunta*: “¿a qué les suena más el flujo le suena a campo eléctrico o a agua?”. Y logra la interacción de los estudiantes respondiendo “a agua” (*premisa*).

Pere inicia la *recreación verbal del imaginario para la analogía soportada en el dibujo en la pizarra*, mientras lo describe. Pere comienza a dibujar en la misma pizarra del dipolo, pero en la esquina inferior izquierda, y luego agrega: “**imagínense que ustedes tienen una piscina...**” y comienza a presentar elementos: la piscina, una llave de agua, un orificio, líneas del flujo de agua. Pere *construye el escenario para realizar la analogía visual* (escenario 3: el dipolo, y escenario 4: la piscina), que hace de argumento para hacer real y creíble el concepto de flujo. Se interpreta como un *argumento de analogía*, del grupo de argumentos que fundamentan la estructura de lo real.

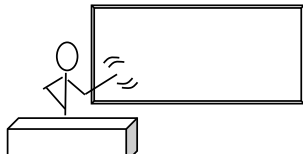
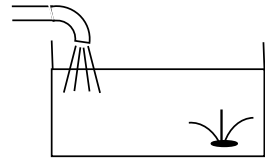
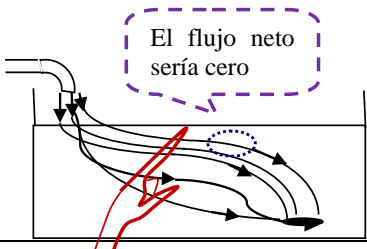

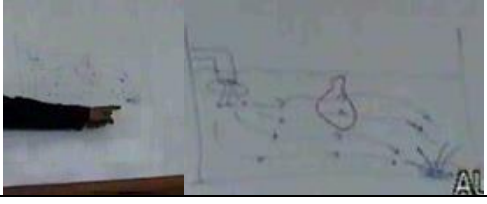
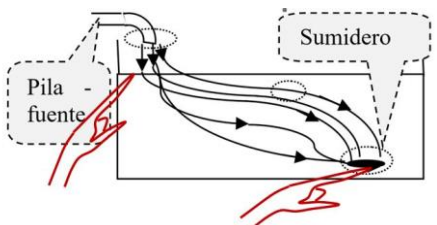
En la tercera fila de la tabla 8.8, episodio D24_P, Pere *desarrolla la analogía entre el flujo eléctrico y el flujo de fluidos en una piscina*, (*argumento de analogía*) dibujando líneas que señalan el sentido del agua desde la llave hasta el sumidero, haciendo *una figura analógica a la del dipolo* que no ha borrado de la parte superior de la pizarra. Pere interviene así: “Si voy a intentar **calcular el flujo neto en cualquier sitio entre la pila y el sumidero**. - señala los extremos -por ejemplo, **en esta región (dibuja) el flujo neto ... sería cero**”, señala con el índice sobre la pizarra marcando sobre el mismo dibujo. Utiliza las mismas estrategias de la explicación sobre el sistema dipolo, cuándo el flujo es cero o cuándo sería diferente de cero.

Usa el dibujo en la pizarra para mostrar la analogía y trabajar con ella haciendo un cálculo de flujo en este escenario análogo al dipolo, repitiendo lo que había hecho antes sobre las líneas de campo en el dipolo.

En la cuarta fila de la tabla 8.8, episodio D25_P, va cambiando la superficie y calculando el flujo en puntos distintos del escenario de la analogía. Pere *dibuja superficies cerradas en los extremos para resaltar la diferencia*, “pero si lo hiciéramos por acá”, dibuja y señala los extremos, “bien sea en el sumidero o bien en la fuente...entonces seguramente nos va a dar un valor distinto de cero”, *reforzando significados a los conceptos de sumidero, o fuente, con la gestualidad sobre el dibujo*, y así les da presencia cuando señala con el índice en la figura de la pizarra. *Construye el significado para la ley de Gauss como entidad o concepto*, cuando agrega: “**la ley de Gauss establece que las cargas eléctricas son fuentes de campo eléctrico**”. Luego,

prepara a la audiencia al contenido que vendrá, la ley de Faraday, cuando dice: “... pero no son las únicas fuentes de campo eléctrico... **cuando veamos la ley de Faraday...**”.

Tabla 8.8. Episodios D22_P al D25_P. Analogía entre flujo eléctrico y una piscina.

Analogía entre flujo eléctrico y una piscina. Episodios [D22_P a D25_P].	
La explicación	Recursos dibujo y gestualidad
<p>[D22_P] (8:59) (<i>Habla sobre la ley y el personaje de Gauss</i>) fíjense la palabra flujo, de hecho, esta ley por cuestiones de cronologías de la ciencia, primero hubo un desarrollo en la teoría de fluidos... flujo de fluidos y luego de la parte de teoría electromagnética, esta es una de las primeras ecuaciones de la teoría electromagnética... la ley de Gauss.</p> <p>Quizás un poquito tramposo el Señor Gauss, porque realmente se valió de herramientas matemáticas ya usadas en otras áreas de conocimiento para establecer que esto es así, y no tuvo pena en utilizar las mismas ecuaciones para flujo...</p>	
<p>[D23_P] ¿a qué les suena más el flujo les suena a campo eléctrico o a agua... (los alumnos:” a agua”). le suena a agua, un chorro de agua...no necesariamente tiene que ser agua... puede ser cualquier líquido. La analogía es más o menos lo siguiente, (<i>dibuja</i>) imagínense que ustedes tienen una piscina... está llena ...de agua... y por aquí tiene un orificio...(dibuja)...donde abro... unas líneas de flujo de agua... donde seguramente el agua se escapa por ahí... y pudiéramos colocar por ejemplo una pila (llave de agua) por acá a una llave por la que sale agua para llenar el tanque.</p>	<p>(parte inferior de la pizarra blanca) (<i>dibuja sin hablar</i>)</p> 
 <p>El flujo neto sería cero</p>	 <p>((<i>dibuja líneas en la “piscina” entre pila y orificio</i>)).</p>
<p>[D24_P] ... <u>Entonces fíjate, aquí pudiéramos dibujar las líneas de flujo más o menos así...</u></p> <p>y si voy a intentar calcular el flujo neto en cualquier sitio entre la <i>pila</i> y el sumidero. (<i>Señala los extremos</i>) por ejemplo en esta región (<i>dibuja</i>) el flujo neto sobre esa superficie seguramente sería cero...</p>	
<p>[D25_P] pero si lo hiciéramos por acá. (<i>dibuja y señala los extremos</i>) que es el sumidero...por acá...bien sea en el sumidero o bien en la fuente...entonces seguramente nos va a dar un valor distinto de cero. la ley de gauss establece que... las cargas eléctricas son fuentes de campo verdad? ...pero no son las únicas fuentes de campo eléctrico...cuando veamos la ley de Faraday...</p> <p>(<i>dibuja y señala los extremos</i>)</p>	
	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8.9, se muestra la pizarra final de la explicación del flujo eléctrico, arriba el sistema dipolo y en la parte inferior derecha el dibujo de la piscina, que muestra la analogía y la ley de Gauss en el centro, como ligando el dipolo con la piscina de forma visual. *Une el escenario de la analogía con el escenario del dipolo*, lo que ayuda a *dar presencia o refuerza a la analogía*. Esta analogía es un *recurso para hacer pensar a los estudiantes* y ver las cosas diferentes pero fundamentados en el concepto descriptivo inicial de flujo. Y en los dibujos se presentan los *elementos de la analogía*, relacionando: a) carga positiva con fuente, y pila de llenado del fluido; b) carga negativa con sumidero y orificio de salida de fluido en el tanque; c) líneas de campo y líneas de fluido (entidad flujo en piscina y entidad flujo en dipolo).

En definitiva, se propone la **tesis II**: “El flujo eléctrico en superficies cerradas se comporta de manera análoga al flujo de los fluidos” que se hace creíble mediante una analogía detallada entre flujo en el dipolo y flujo de corriente de fluido en una piscina. Se parte de la **premisa** sobre los elementos del dipolo, así como de la **premisa** de naturaleza intuitiva que asocia flujo a flujo de agua, el estudiante ya está convencido de esta analogía.

Los profesores de física usan analogías muy regularmente en sus clases, como una forma de hacer puentes para los estudiantes desde su conocimiento existente hacia nuevos conceptos

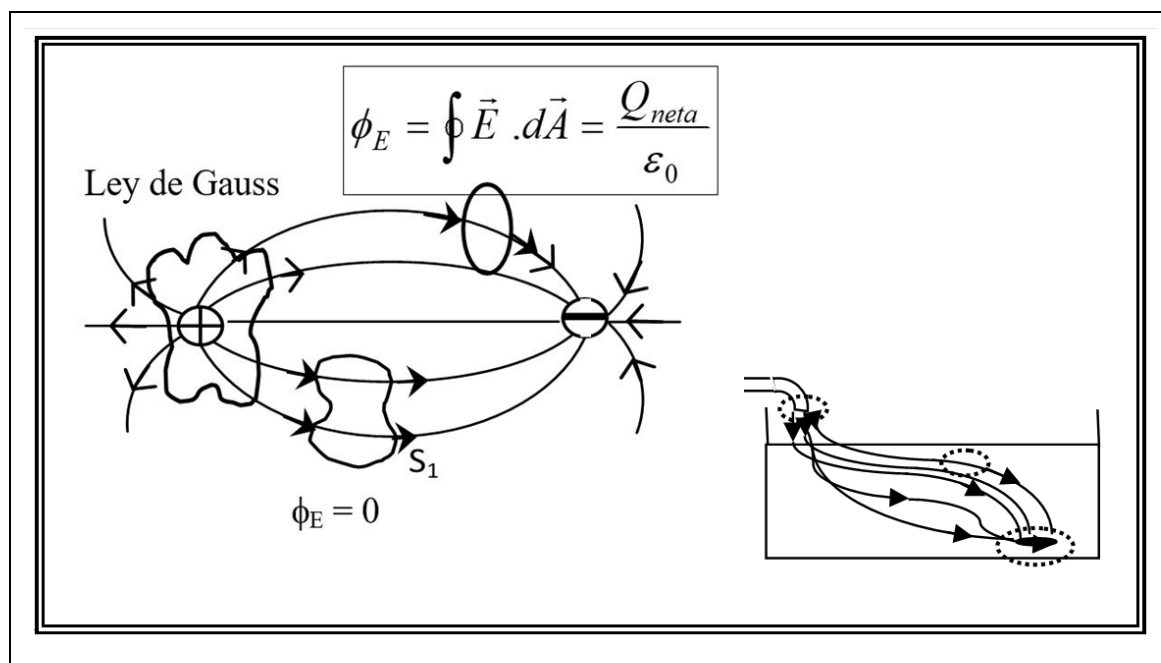


Tabla 8.9. Pizarra final de la explicación de flujo eléctrico, y la analogía con una piscina. segmentos (D22_P-D25_P).

Fuente: Elaboración propia

8.2.8 La superficie gausseana en el ejemplo de la carga puntual, ley de Gauss.

Luego de presentar la ecuación de la ley de Gauss, Pere *desarrolla la explicación de la aplicación de la misma para hallar el campo eléctrico generado por una carga puntual*. Este desarrollo se encuentra en el apartado 7.3 del capítulo anterior en los episodios E01_P a E12_P, donde *construye la entidad “superficie gaussiana”* y resalta la importancia de la selección para resolver la integral de flujo; allí muestra la esfera como superficie gaussiana en el cálculo del campo de una carga puntual, y luego lo contrasta con el cubo como superficie gaussiana.

8.2.9 Aspectos didácticos de Pere en la explicación

La historia de Pere, se puede describir desde la dimensión didáctica aplicando las categorías de la dimensión 1, cuyo procedimiento más detallado se presentó en el capítulo siete, y que se condensan de manera resumida en la tabla 8.10, con las cuatro subcategorías organizada en cuatro columnas, y que a continuación se presentan.

a) *La retórica en el aula.*

- **¿Hacia dónde vamos?** *Anticipa el contenido de lo que vendrá, escribe el título de lo que va a explicar (Ej. D01_P, D04_P), anticipa los contenidos con el uso de la pregunta crítica, que sirve además de enlace. Utiliza la pausa (vamos juntos) para asegurar que los estudiantes estén con él en el desarrollo de la historia, al iniciar el tema, para esperarlos mientras copian.*
- **¿Qué esperamos?** *Invita a los estudiantes siempre a imaginar en conjunto, (Ej. imagínense que tenemos ...). Utiliza la estrategia de provocar controversia, (Ej. ¿Qué tal si ...? agarro e inclino al plano), (Ej. si esa superficie ahora no es plana), (Ej. si esa superficie ahora es un cubo).*

b) *Destaca y refuerza los significados construidos o que van construyendo la historia.*

- **¿Cómo organiza la clase?** *con su hacer, establece la importancia de: a) el uso de buenos dibujos donde se representan los elementos bases para fundamentar el desarrollo teórico de la historia explicativa, en este caso la definición cualitativa y matemática de flujo eléctrico, la expresión de la ley de Gauss y las variables que intervienen, las líneas de campo, el vector área, el ángulo entre ellos y la superficie donde se evalúa el flujo b) relacionar estas variables de forma gráfica y con la*

expresión matemática,

- **¿Cómo verifica la comprensión de la clase?** Luego de hacer el análisis, establece una observación de lo realizado y con la pregunta retórica crea controversia durante el desarrollo de la historia para confirmar lo realizado y redirigir o guiar el hilo de la historia hacia un caso más complejo del concepto, manteniendo la atención del estudiante.

c) **La elaboración de entidades.**

- **¿Qué entidades elabora?** Pere, construye diversas entidades: *líneas de campo eléctrico, vector área, superficie cerrada, superficie gausseana, flujo cualitativo, flujo como producto escalar*, etc.
- **¿Cómo las define?** Construye la entidad línea de campo eléctrico LCE. Introduce el concepto de líneas de campo, como conocido al expresar el flujo, construye características salen de la carga positiva y llegan a la carga negativa con el dipolo. Pere, construye la entidad: flujo eléctrico y su relación con el comportamiento entre líneas de campo, campo eléctrico y ángulo formado por el vector área. Construye el vector área como algo conocido, y lo dibuja como un vector perpendicular a la superficie y luego introduce el diferencial de área a través del dibujo. Construye sumidero y fuente lo establece por analogía entre la piscina y el dipolo.
- **¿Cómo crea la imagen?** La herramienta principal de Pere para crear imagen de la entidad es el dibujo, en tamaño grande, limpio y muy bien realizado. *Para el vector área, las líneas de campo y su relación con el ángulo teta que forman*, crea la imagen con el dibujo en la pizarra y la repetición para varias inclinaciones del plano. *Para las líneas de campo eléctrico* Pere realiza una representación “yo soy la carga”, en el ejemplo de la carga puntual, para darle materialidad apuntando con los brazos como LCE (D04_P). *Para el concepto de flujo* utiliza el dibujo en secuencia, muy bien realizado en cuatro dibujos (con el plano rotando y mostrando diferentes inclinaciones respecto a las LCE) que le sirvió de soporte para explicar las relaciones gráficas y matemáticas entre las variables y el primer concepto de flujo. La elaboración del concepto de flujo, desde lo general de un campo C, hasta el flujo eléctrico, lo acompaña de dibujos que facilitan la comprensión del flujo como integral de área (el plano, el hemisferio), hasta llegar a superficie cerrada con el dipolo para expresar la Ley de Gauss.

d) ***Promueve habilidades y aptitudes propias de la profesión.***

- ***En la expresión matemática.*** *Fomenta valores propios de nomenclatura en la escritura, o el gráfico.* Importancia de la expresión matemática en nuestro lenguaje como ingenieros. Eso se ve en el uso de la nomenclatura, de la notación vectorial presentando el símbolo que corresponde a la variable sobre el dibujo o la ecuación. Por ejemplo, al escribir las flechas sobre las variables del producto escalar de dos vectores en D04_P, flujo, D12_P, D15_P; el vector área al dibujarlo, D08_P, D11_P. Diferencia con la simbología de la integral, si la superficie es abierta o cerrada, D15_P.

En habilidades de expresión visual grafica que acompañen su comunicación. para Pere es importante y lo comunica en su hacer, *la representación del sistema, la redundancia descriptiva para comunicarse, el uso de la notación vectorial, la escritura matemática*, es cuidadoso al presentar las ecuaciones textualmente escritas. *Desarrolla la visión espacial.* Presenta las variables del enunciado, dibujando el sistema, D01_P. *Materializa la entidad plano imaginario* en forma espacial, 3d, y luego lo lleva a una vista de perfil, en el plano 2d, con el dibujo en secuencia, D01_P a D03_P. *Materializa las LCE con el dibujo* en D01_P. *Materializa el vector área sobre la superficie*, y el ángulo que forma con las líneas de campo, con el dibujo en D05_P. *Materializa el diferencial de área, con su vector área*, y el ángulo que forma con la LCE con el dibujo (es complejo de visualizar) en D06_P. *Presenta un elemento tridimensional como el semi cascarón* a través del dibujo en D10_P. Sobre el semi cascarón, materializa el diferencial de área, con su vector área, y el ángulo que forma con la LCE con el dibujo (es complejo de visualizar) en D11_P.

Desarrolla esquemas coherentes de análisis. A través de la explicación y el desarrollo del dibujo que acompaña a la explicación, se le da coherencia a los análisis. Establece la necesidad de la representación del sistema, a través de la pregunta retórica *¿Qué tal si esa superficie no es plana?, voy a intentar dibujar un semi cascaron, fíjense si yo dibujo un elemento de área por acá...por acá ...*”. Dibuja las variables que intervienen en la expresión matemática a utilizar, que justifica lo escrito y con el uso de la nomenclatura descriptiva correspondiente para todos los elementos que interactúan en dicho sistema, D09_P.

Desarrolla capacidades matemáticas y matemáticas-gráficas. Trabaja con la imagen y con la ecuación. Pere va señalando relaciones de las variables de la ecuación, con ayuda del sistema dibujado, D15_P, D17_P. Se expresa de forma matemática, D04_P, D06_P, D15_P, D19_P.

Interactúa gestualmente para la visualización de los vectores, la superficie, el ángulo, y puedan hacer las conexiones gráfico-matemático, D08_P, D11_P.

Tabla 8.10 Formas de intervención del profesor Pere. Dimensión didáctica.

1. La retórica de la enseñanza. Cómo integra intelectualmente y emocionalmente, al estudiantado.	2. Destaca y refuerza los significados construidos o que van construyendo la historia.	3. Elaboración de Entidades. Pere elabora la entidad flujo eléctrico, plano imaginario, vector área, superficie gaussiana, producto escalar.	4. Promueve habilidades aptitudes de la profesión.
<i>Anticipa lo que vendrá.</i> Escribe el título de lo que va a explicar. Utiliza la pregunta para construir y anticipar el orden del contenido.	<i>Solapa ideas.</i> Introduce nuevos conceptos y vocabulario: líneas de campo, flujo de un campo cualquiera, vector área, integral de área, integral de superficie abierta, integral de superficie cerrada, ley de Gauss, flujo eléctrico, flujo de fluidos, fuente, sumidero	<i>Lo nuevo a partir de lo antiguo.</i> Interacción con premisas conocidas. La superficie se construye haciendo relaciones con otras conocidas: las líneas de campo LCE, diferencial área, vector área, campo eléctrico, ángulo entre ellos	<i>Desarrolla la visión espacial</i> Presenta los escenarios y las entidades (plano, líneas de campo, diferencial de área, vector área, ángulo) de forma tridimensional a través del dibujo y los gestos (usa los brazos como vectores) se soporta en la vista de perfil.
<i>Utiliza la Pausa como recurso</i> para integrar al estudiante, los espera.	<i>Selecciona ideas.</i> Las ideas principales las dice, las dibuja, y las resalta al colocarle nombre, o relacionarlas en el desarrollo de la ecuación.	<i>Se construye gradualmente</i> definición, descripción, usa el dibujo como elemento central para las definiciones.	<i>Fomenta valores propios de nomenclatura gráfico matemática en la escritura, o el dibujo, al escribir títulos, en el dibujo o la ecuación, usando la simbología o notación vectorial</i>
<i>Invita a los estudiantes siempre a imaginar</i> en conjunto, imagínense que tenemos.	<i>Sondea significados.</i> con preguntas retóricas para mantener la atención del estudiante y activar su conocimiento “¿cómo expresamos nosotros esto, matemáticamente?”, si es distinto de cero el flujo ¿a qué es igual?	<i>Lo nuevo con lo por venir.</i> “Gauss establece que las cargas eléctricas son fuente de campo eléctrico, aunque no son las únicas fuentes, cuando veamos Faraday...”.	<i>Desarrolla esquemas coherentes de análisis.</i> Dibuja, y relaciona las variables que interactúan en el sistema y conecta con las relaciones matemáticas, mostrando orden secuencial en su discurso y la pizarra.
<i>Provoca controversia,</i> ¿qué tal si ...? agarro e inclino al plano, si esa superficie ahora no es plana, si esa superficie ahora es un cubo.	<i>Resalta ideas claves.</i> Fíjate que estoy utilizando un campo cualquiera, no necesariamente eléctrico. Relaciona las variables a través del dibujo, o la representación y las justifica, flujo con LCE y el vector de área a través del dibujo, de la ecuación. <i>Retorna sobre las ideas,</i> “y como ustedes recuerdan el producto escalar entre...”	<i>Materializa la entidad a través del dibujo y/o la representación.</i> Las líneas de campo aparecen en todos sus escenarios: en el plano, en el dipolo, la carga puntual... Cambio en el número de líneas a través de la superficie, y la orientación del Vector área respecto al campo (teta variable) con dibujos en secuencia	<i>Desarrollo de capacidades matemáticas y matemáticas-gráficas.</i> Trabaja con la imagen y con la ecuación. Pere con el uso de la nomenclatura descriptiva va señalando relaciones de las variables de la ecuación, con ayuda del sistema dibujado.

Fuente: Elaboración propia

8.2.10 Aspectos argumentativos de Pere enlazados en la historia.

La historia de Pere, analizada desde la dimensión 2, focaliza la atención en la construcción de argumentos, la presencia y la comunión del auditorio basados en Perelman, y su contextualización dentro de los escenarios utilizados para la construcción de la explicación. Este apartado se encuentra organizado de la siguiente forma: a) tipos de argumentos b) las premisas y tesis construidas en la explicación de Pere, que se pueden ver distribuidas en secuencia según los escenarios en la tabla 8.11, c) la presencia, d) la comunión con el auditorio, e) la interacción de los escenarios en la explicación de Pere, mostrada en el esquema de la tabla 8.12.

8.2.10.1 *Tipos de argumentos encontrados en la explicación de Pere*

En la construcción de argumentos, se observaron: **argumentos cuasi lógicos**, en pocos casos basados en relaciones de tipo lógico, como *de incompatibilidad*, y *de reciprocidad*; y mayoritariamente basados en relaciones matemáticas, como argumentos de *adición*, y de *comparación*; **argumentos que fundamentan la estructura de lo real**, en concreto se identifican *argumentos por el caso particular (la ilustración, el ejemplo)*, y por *la analogía*; y **argumentos basados en la estructura de lo real**, como el de *autoridad*, basado en una relación de coexistencia, argumento de *doble jerarquía* basado en relaciones de coexistencia. Todos los anteriores son **argumentos de asociación**. No se encontraron *argumentos de disociación*.

También se aplican *estrategias o técnicas argumentativas* de demostración o razonamiento por etapas, pero que claramente no se pueden categorizar como *argumento por etapas* o por dirección. Algunos de los argumentos clasificados como *macro argumentos de ilustración* incluyen argumentos parciales que pueden ser por *demostración gráfica y/o gestual o cuasi lógicos*. Los cuasi lógicos gráficos que se han llamado también *por demostración visual mediante dibujos o gráficos*, se presentan repetidamente.

8.2.10.2 *La explicación de Pere y las tesis elaboradas sobre los escenarios*

En las tablas 8.11a) y 8.11.b) se muestran los segmentos que forman la explicación de Pere, en orden secuencial, separados según los escenarios y caracterizados según las *tesis* propuestas. En la tabla 8.11a) se encuentra el segmento inicial de Pere *para construir el concepto de flujo*, con los siguientes escenarios:

Escenario 1_P: plano inclinado y líneas de campo uniforme. Constituye un *macro argumento por ilustración*, donde se elaboran tres tesis a través de ilustraciones, partiendo de ciertas premisas, algunas explícitas y otras implícitas.

Tesis 1: “el flujo es una cantidad escalar que nos indica cuántas líneas atraviesan una superficie”. [D01_P y D03_P]

Premisa 1: Línea de campo.

Argumento de doble jerarquía aplicado a *enlaces de coexistencia*, cuando evidencia la proporcionalidad, a *más* líneas que lo atraviesan *mayor* es el valor del flujo y que sirve de andamiaje para la tesis 2.

Argumento visual por Ilustración Lo justifica a través de la ilustración del plano en tres inclinaciones diferentes con una serie de dibujos de elementos geométricos (vectores).

Tesis 2: “el flujo es el producto escalar del vector área y el vector campo”. $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$. [D04_P].

Premisa 2: Conocimiento matemático de vectores y producto escalar de vectores.

Argumento de autoridad, argumento de coexistencia, basado en la estructura de lo real. El concepto de flujo se presenta ahora de una manera formal en una fórmula matemática por la autoridad del profesor.

Tesis 3 (T2 ampliada al hacer explícita las componentes): “El flujo es el producto de: el módulo del vector área, el módulo del vector campo, y el coseno del ángulo entre ellos, $\phi = C.A.\cos \theta$ ”. [D07_P].

Premisa 3 = Premisa 2: Conocimiento matemático de vectores y producto escalar

Premisa 4 (Tesis 2): El flujo es el producto escalar del vector área y campo

Premisa 5: Vector área, ángulo entre vectores, coseno de un ángulo

Argumento visual por ilustración gráfica. Es la tesis 2 del producto escalar, pero analizando como intervienen sus tres componentes (área, campo y ángulo). Se justifica de forma visual y matemática con la descomposición del producto escalar, y la ilustración de los tres componentes donde se hace explícito el coseno del ángulo; dibujando los tres componentes en las tres posiciones del plano.

Tesis 4: “Cualquier elemento de área en la superficie del plano presenta que el ángulo que forma el campo y su vector área es el mismo, y se cumple para todas las inclinaciones del plano”. [D08_P y D09_P]

Premisa 6 = Premisa 2: Conocimiento matemático de vectores y producto escalar

Premisa 7 = Premisa 3 (Tesis 2): El flujo es el producto escalar de área y campo

Premisa 8 = Premisa 5

Argumento visual cuasi lógico matemático por comparación. Lo demuestra a través de la representación de elementos de área $d\mathbf{A}$ dibujados en varios puntos del mismo plano y lo repite para diversas inclinaciones del plano, es decir, se justifica visualmente.

Escenario 2_P: semi cascarón esférico y líneas de campo uniforme (parte 1/2). Se divide en dos partes. La primera parte completa la definición matemática de flujo iniciada en el escenario del plano con la tesis 2, y lleva a la definición del flujo como integral (tesis 6). Se identifican dos tesis con sus respectivos argumentos que las hacen creíbles:

Tesis 5: “en superficies no planas el cálculo no es tan sencillo como calcular sólo el producto escalar entre campo y vector área” [D11_P].

Premisa 9 = Premisa 2: Conocimiento matemático de vectores y producto escalar

Premisa 10 = Premisa 4 (Tesis 2): El flujo es el producto escalar de área y campo

Premisa 11 = Premisa 5

Argumento visual cuasi lógico matemático por comparación de vectores y ángulos. Refuta la *tesis 2*, enunciada para superficies planas y que no es válida para superficies no planas. Lo justifica dibujando sobre el semi cascarón tres elementos de área con sus respectivos vectores área, y dibuja en cada uno el ángulo que forma con el campo horizontal, siendo diferente en cada caso, dibujo que compara con las representaciones en la pizarra anteriores con la superficie plana.

Tesis 6: “el flujo es la integral de área del producto escalar entre los vectores campo y diferencial de área”. [D12_P y D13_P]

$$\phi = \int_{\text{área}} \vec{C} \cdot d\vec{A}$$

Premisa 12: concepto de integral, de producto escalar entre vectores y de las entidades vector campo y vector diferencial de área

Argumento de autoridad. Lo que se demuestra es que la tesis del producto escalar sola no es suficiente ya que puede ser variable, se deja ver de forma implícita al agregar el elemento diferencial de área $d\mathbf{A}$, que forma parte de una integral, pero no queda demostrada ni justificada de forma explícita.

Tabla 8.11a. La historia de Pere, desde la argumentación y los escenarios

FLUJO ELÉCTRICO [D01_P, D13_P].					
Escenario 1_P: Plano Inclinado + Líneas de campo uniforme			Escenario 2_P (1/2): Semicascarón esférico – Líneas de campo uniforme		
Macro Argumento de Ilustración			Ilustración		
Dibujos múltiples en secuencia			Dibujo		
Tesis 1: “El flujo es una cantidad escalar que nos indica cuántas líneas atraviesan una superficie”		Tesis 2: “El flujo es el producto escalar de campo y área” $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}.$ Tesis 3: “El flujo es el producto del módulo del vector área, módulo del vector campo, y el coseno del ángulo entre ellos.” $\phi = C.A.\cos \theta$ (describe el desarrollo matemático de T2)	Tesis 4: “Cualquier elemento de área en la superficie del plano presenta que el ángulo, que forma el campo y su vector área, es el mismo; y se cumple para todas las inclinaciones del plano”		
D01 D02 D03	T1: Argumento visual de ilustración soportado por un Argumento de doble jerarquía .	D04 D05 D06 D07	T2: Tesis no demostrada. (Argumento de autoridad) T3: Argumento visual por ilustración gráfica.	D08 D09	T4: Argumento visual cuasi lógico matemático por comparación
		Tesis 5: “En <u>superficies no planas</u> el cálculo no es tan sencillo como calcular sólo el producto escalar entre campo y vector área (refuta tesis 2)”.			
		Tesis 6: “El flujo a través de cualquier superficie (plan y no plana) es la integral de área del producto escalar entre los vectores campo y diferencial de área”. $\phi = \int_{\text{área}} \vec{C} \cdot d\vec{A}$			
		D10 D11 D12	T5: Argumento cuasi lógico matemático por comparación de vectores y ángulos		
		D13	T6: Argumento de autoridad (tesis no demostrada)		

Fuente: Elaboración propia

Escenario 2_P: semi cascarón esférico y líneas de campo uniforme (parte 2/2). La segunda parte de la explicación con el cascarón, sirve de apertura a la ley de Gauss, planteando *el concepto de superficie cerrada*.

Tesis 7: el flujo a través de una superficie cerrada, es la integral del producto escalar entre los vectores campo y área, y se le reconoce por un círculo en la integral”. [D15_P].

$$\phi_C = \oint \vec{C} \cdot d\vec{A}$$

Premisa 13 = Premisa 12: Concepto de integral, de producto escalar entre vectores y de las entidades vector campo y vector diferencial de área

Premisa 14: existen formalismos en matemáticas que ayudan a la comprensión de las fórmulas

Argumento de autoridad.

Tesis 8: “El flujo a través de una superficie cerrada, es proporcional al número de líneas que salen menos las que entran a la superficie, y este número puede ser cero o diferente de cero” [D15_P].

Premisa 15: Tesis 1

Premisa 16: superficie cerrada

Argumento visual por el ejemplo (caso particular de flujo igual a cero, en la semiesfera cerrada). Como que la enuncia para toda superficie cerrada, se interpreta como *tesis* que se justifica con el ejemplo 1 que se presenta a continuación. El ejemplo 1 (“*en una superficie cerrada el flujo neto es cero, si el número de líneas que entran es igual al número de líneas que salen*”, justificada con la tesis1) es el caso del cascaron cerrado, visto como un *argumento por el ejemplo*, para un caso de flujo resultante cero [D16_P].

Argumento visual cuasi lógico por relación matemática representada gráficamente. Se cuentan el número de líneas que entran y se les restan las que salen y da cero. Por lo tanto, también se puede interpretar como que se ayuda de la representación gráfica en la pizarra y su gestualidad, se identifica un [D16_P].

Sigue con la *pregunta para hacer pensar*: “En una superficie cerrada ¿el flujo neto puede ser distinto de cero?” en la parte final de [D16_P] y que aquí no se responde pero que se retoma con otros ejemplos en el siguiente escenario: el escenario del dipolo (escenario 3_P).

En la tabla 8.11.b), se muestran los segmentos *para construir la ley de Gauss*, con los siguientes escenarios:

Escenario 3_P: el dipolo, líneas de campo eléctrico y superficie cerrada. Este escenario es de mucha importancia, dando presencia a las premisas que se han estado construyendo desde el inicio de la materia, carga eléctrica positiva y negativa, campo eléctrico y líneas de campo eléctrico que lo conectan al flujo eléctrico.

Tesis 8: En este escenario dipolo se sigue construyendo la Tesis 8 en otro escenario, del “cálculo del flujo para superficie cerrada, proporcional al número de líneas que salen menos las que entran, que puede ser cero o distinto de cero”.

Premisa 17: Tesis 1

Premisa 18: superficie abierta y superficie cerrada.

Premisa 19: carga eléctrica positiva y negativa, campo eléctrico y líneas de campo eléctrico, y cómo se comportan para un dipolo.

Macro argumento por el ejemplo. Se justifica aquí visualmente por la *representación gráfica del dipolo y el dibujo de tres superficies gaussianas*, donde en la superficie S1 el flujo es cero porque el número de líneas que entran es igual al de las que salen (*ejemplo 2*), y también es cero en el caso de otra superficie sin nombre atravesada por una línea de campo (*ejemplo 3*). Mientras que el caso de la superficie que encierra la carga +, que sería el *ejemplo 4*, el flujo ya no vale cero. O sea, que la *tesis 8* se sigue justificando en este nuevo escenario por nuevos *argumentos por el ejemplo* (ejemplo 2 y ejemplo 3 en [D17_P], y ejemplo 4 en [D18_P]). En conjunto se interpreta la justificación de la *tesis 8* por un *macro argumento por el ejemplo*, que consta de varios ejemplos.

Además, durante el proceso, tanto en el escenario anterior del cascaron como en este escenario del dipolo se interpreta un *macro argumento visual cuasi lógico por relación matemática* a partir de la definición descriptiva de flujo eléctrico, que permite calcularlo restando las líneas que salen menos las que entran [D17_P a D20_P].

Tesis 9: “El flujo eléctrico a través de una superficie cerrada, es igual a la carga neta encerrada dividida por épsilon cero”, que es el enunciado formal de la ley de Gauss. [D19_P].

$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{neta}}{\epsilon_0}$$

Premisa 20: Permitividad eléctrica

Premisa 21: Premisa 18: superficie abierta y superficie cerrada.

Argumento de autoridad. Lo justifica basado en que el flujo es distinto de cero en la superficie gaussiana que encierra a una carga, y luego enuncia la ley de Gauss, utilizando el *argumento de autoridad, aplicado a los enlaces de coexistencia*, pero sin más justificación, al mismo tiempo que cita la entidad permitividad eléctrica, como algo conocido. [D19_P].

Argumento pragmático. Pere en el escenario del dipolo, en D20_P, comprueba la ley Gauss, resalta la utilidad de esta nueva expresión para el caso cuando el flujo es diferente de cero (*argumento pragmático*), expresando el valor del flujo en función de la carga encerrada,

Argumento por el ejemplo. La acción anterior, bien se puede tomar como otro ejemplo para el caso particular de flujo diferente de cero D20_P

Argumento por el ejemplo. Luego hace énfasis al abrazar o acotar con las manos el lado derecho de la ecuación y relacionarlo con la carga, si el flujo es cero es que la carga es cero, “no hay carga neta”, y verifica los ejemplos anteriores [D17_P, D18_P] cuando el flujo es igual a cero (tesis 8), y lo justifica en función de que no hay carga encerrada (tesis 9) (*argumentos por el ejemplo* para las tesis 8 y 9). D20_P

Todo este segmento se puede considerar un *macro argumento por el ejemplo*.

Escenario 4_P: la piscina. Realiza el cierre del enunciado de la ley de Gauss, con la analogía entre los sistemas del dipolo y la piscina, ya que Gauss utilizó las ecuaciones matemáticas de fluido para establecer su ley.

Tesis 10: (La ley de Gauss y la palabra flujo) “por cuestiones de cronología de la ciencia, primero hubo un desarrollo en la teoría de fluidos, flujo de fluidos y luego de la parte de teoría electromagnética, esta es una de las primeras ecuaciones de la teoría electromagnética”. [D22_P].

Premisa 22: Familiarización con el término Ley de Gauss y su relación con electro-magnetismo.

Argumento por autoridad que ayuda a dar importancia y aceptar la analogía que viene

Tesis 11: “el flujo eléctrico en superficies cerradas se comporta de manera análoga al flujo de fluidos”. [D23_P a D25_P].

Premisa 23: **Premisa 19:** carga eléctrica positiva y negativa, campo eléctrico y líneas de campo eléctrico, y cómo se comportan para un dipolo.

Premisa 24: noción intuitiva de líneas de corriente y flujo de fluidos

Argumento de analogía. Justificada a través del dibujo del llenado de una piscina con un orificio en su base, y de superficies gaussianas colocadas de forma similar que en el dipolo. Relaciona en el dipolo: carga positiva, con fuente y por analogía al análogo de la salida o fuente de agua en la piscina. Igual sucede con la carga negativa, con sumidero, haciendo analogía con el orificio inferior donde se escapa el agua. Igualmente, las líneas de campo eléctrico en el dipolo con las líneas del fluido, resaltando que de forma implícita muestra el hecho que la línea de campo eléctrico sale de carga positiva y llega a

negativa, al igual que en su análogo de la piscina con el sentido del fluido del agua. la tesis se hace creíble por un *argumento de analogía* que fundamenta la estructura de lo real, y que está muy bien explícita, además de dibujada en la pizarra.

Escenario 5: Carga puntual, líneas de campo, esfera y cubo. En este caso representa un macro argumento del ejemplo para determinar el flujo a través de una superficie que encierra una carga puntual. Que se divide en cinco partes:

Tesis 12: “la superficie gaussiana es una superficie cerrada, en la que se observa que el ángulo entre campo y área es el mismo en la mayoría de sus puntos”, [E01_P, E02_P].

Premisa 25 = Premisa 18 superficie abierta y superficie cerrada.

Premisa 26: Vector campo y vector área (diferencial de área) forman un ángulo de valor entre cero y 180°

Argumento de autoridad, *aplicado a los enlaces de coexistencia*, basado en la estructura de lo real.

Tesis 13: “Para el caso de la carga puntual, la esfera es una superficie gausseana”, [E03_P a E06_P].

Premisa 27: Tesis 12

Premisa 28: en una esfera con carga puntual en su centro, las líneas de campo son radiales.

Premisa 29: Vector campo y vector área (diferencial de área) forman un ángulo de valor 90° si la superficie cerrada es una esfera.

Argumento por la ilustración, la cual es una tesis que justifica a través del dibujo de la carga puntual, su ecuación de campo, y las líneas de campo eléctrico que son radiales saliendo; y luego con la mímica, a través de la representación gestual sobre el dibujo de la pizarra “yo soy la carga y mis brazos las líneas de campo”

Tabla 8.11b. La historia de Pere, desde la argumentación y los escenarios

FLUJO ELÉCTRICO Y ENUNCIADO DE LA LEY DE GAUSS [D14_P, D25_P].			
Escenario 2_P: (2/2) Semicascarón esférico – Líneas de campo uniforme		Escenario 3_P: Dipolo + Líneas de campo eléctrico.	
Ilustración		Macro Ejemplo (3x)	
Formalización		Dibujo-entidades principales: LCE, carga eléctrica (+,-) superficie cerrada	
<p>Tesis 7: “El flujo a través de una <u>superficie cerrada</u> es la integral del producto escalar entre los vectores campo y área, y se le reconoce por un círculo en la integral”</p> $\phi_C = \oint \vec{C} \cdot d\vec{A}$ <p>Tesis 8: “el flujo a través de una <u>superficie cerrada</u> es proporcional al número de líneas que salen menos las que entran, y este número puede ser cero o distinto de cero” (se soporta en tesis 1)</p>		<p>repite Tesis 8: (para <u>una superficie cerrada</u>) “el flujo eléctrico a través de una superficie cerrada será proporcional al número de líneas que salen menos las que entran, y este puede ser cero o distinto de cero” (tres ejemplos)</p> <p>Tesis 8 (para <u>superficie cerrada y valor de flujo igual a cero</u>)</p> <p>Ejemplo 2: “En la superficie cerrada S1 del dipolo el flujo es cero”.</p> <p>Ejemplo 3: “En la superficie cerrada S2 del dipolo el flujo es cero”</p> <p>Tesis 8 (para <u>superficie cerrada y valor de flujo distinto de cero</u>)</p> <p>Ejemplo 4: “En la superficie cerrada que encierra la carga positiva del dipolo el flujo es distinto de cero”.</p> <p>Tesis 9: “El flujo eléctrico a través de una superficie cerrada es igual la carga neta encerrada dividida por épsilon cero”. (enunciado formal de la ley de Gauss)</p> $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{neta}}{\epsilon_0}$	
D15	T7: Tesis no demostrada (Argumento de autoridad)	D14 D17 D18	T8: Macro argumento por el ejemplo , formado por tres ejemplos distintos en el escenario del dipolo.
D15	T8: Argumento visual por el ejemplo , cuando el flujo es cero.	D19	T9: Argumento, por citación de autoridad a la ley de Gauss
D16	T8: Argumento visual cuasi lógico matemático representando el contar líneas	D20	T9: Argumento pragmático , de utilidad de la ley Gauss. T9: Argumento por el ejemplo de flujo distinto de cero (T8), y de la ley de Gauss (T9).
Escenario 4_P: Piscina y líneas del fluido.		Analogía	
Dibujo comparativo dipolo y piscina		<p>Tesis 10: (La ley de Gauss y la palabra flujo) Históricamente, primero hubo un desarrollo en la teoría de fluidos, flujo de fluidos, y luego de la parte de teoría electromagnética, la ley de Gauss, que es una de las primeras ecuaciones de la teoría electromagnética.</p> <p>Tesis 11: El flujo eléctrico en superficie cerrada se comporta de manera análoga al flujo de fluidos.</p> <p>Carga positiva → fuente → punto de llenado de la piscina</p> <p>Carga negativa → sumidero → punto de vaciado de la piscina</p> <p>Líneas de campo eléctrico → líneas del recorrido del agua</p>	
D21	T10: Argumento por autoridad	D23 D24 D25	T11: Argumento por analogía . fundamenta la estructura de lo real,

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.11c. La historia de Pere, desde la argumentación y los escenarios

APLICACIÓN DE LA LEY DE GAUSS [E01_P, E13_P].			
<p align="center">Escenario 5_P: La carga puntual. Superficie gausseana: la esfera y el cubo (un micro escenario)</p>			
Ejemplo (dibujo y representación)			
Ilustración		Demostración	
<p>Tesis 12: La superficie gaussiana es una <u>superficie cerrada</u> en la que se cumple que el ángulo entre vector campo y área es el mismo en la mayoría de sus puntos.</p> <p>Tesis 13: Para el caso de la carga puntual, la esfera es una superficie Gausseana</p> <p>“Imagínate yo soy la carga y mis brazos las LCE” ¿cómo es el ángulo con el vector área?”</p>		<p>Tesis 14: En la LG el termino EA, hay una gran diferencia entre escribirlo con vectores arriba. que sin vectores.</p> <p>Tesis 15: “En el caso de una carga puntual, el cubo <u>no</u> es una superficie gausseana.</p> <p>“Imagínate una carga en el centro del aula</p> <p>Tesis 16 (principal): “El campo eléctrico generado por una carga puntual, aplicando ley de Gauss,</p> $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$ <p>es el mismo ya conocido por ley de Coulomb. (refuerza tesis 9)</p>	
E01	T12: Argumento de propia autoridad	E07	T14: Argumento cuasi lógico matemático
E02		E08	T15:
E03	T13: Argumento por ilustración. Dibujo y Mímica, de los vectores campo y área.	E09	Argumento visual cuasi lógico, incompatibilidad
E04		E10	T16: Argumento cuasi lógico matemático
E05		E11	
E06			

Fuente: Elaboración propia

Tesis 14: “En la ley de Gauss (LG) en el término **E.A**, existe una gran diferencia al escribir el producto escalar con la simbología vectorial que, sin la simbología vectorial”, [E07_P].

Premisa 30: La ley de Gauss se expresa como producto escalar de dos vectores, no es correcto expresarla sin las flechas sobre la variable.

Premisa 31: En ingeniería es un error grave, irrespetar la notación vectorial (distinguiendo la variable vectorial de la escalar, usando *flecha arriba*).

Argumento pragmático que destaca el valor de respetar la escritura correcta distinguiendo la variable cuando se presenta de forma vectorial, a la de sólo magnitud.

Tesis 15: “En el caso de la carga puntual la carga puntual, el cubo no es una superficie gausseana”, [E08_P, E09_P].

Premisa 32: concepción geométrica del cubo y de sus caras

Premisa 33: Tesis 12

Premisa 34: vector área (diferencial de área) perpendicular a las caras del cubo forma ángulo, de diferentes valores, con respecto al vector campo que sale radial del centro del cubo.

Argumento visual, cuasi lógico de incompatibilidad que parte tomando como cierta que el cubo es una superficie gausseana, para luego hacer “ver” a través de la representación de la carga eléctrica en el centro del cubo, y los vectores con la gestualidad y el desplazamiento, que la definición no se cumple

Tesis 16 (tesis principal): “El campo generado por una carga puntual calculado usando la ley de Gauss, da el mismo resultado que el conocido aplicando la ley de Coulomb”, que sería la **tesis principal** [E01_P a E11_P] (ver cap. 7).

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

Premisa 35: la ley de Coulomb. Campo creado por una carga.

Argumento por demostración que se obtiene de forma *cuasi lógica matemática* y se logra justificar al final del ejemplo.

8.2.10.3 *La “presencia” en la explicación de Pere*

Para revestir de *presencia* su explicación, Pere utiliza la ilustración de cinco escenarios. Los dos primeros (plano y su secuencia de inclinación, el semi cascarón esférico), para formar las bases teóricas de flujo eléctrico como integral; aquí, sus ideas, entidades y premisas son revestidas de presencia a través del dibujo en secuencia, usando color y de gran tamaño, el trabajo en trazado de detalles a cada dibujo y escritura en secuencia, siguiendo el orden de los dibujos en esa secuencia, a través de la gestualidad y la pregunta crítica que destaca la característica en la entidad, y va marcando el orden; sirviendo de guía para la comprensión del estudiante.

En el tercer y cuarto escenario, dos siguientes (el dipolo y la piscina que complementa al dipolo) que sirve de cierre conceptual de flujo, añadiendo la superficie gausseana y la ley de Gauss. La presencia viene dada por los detalles del dibujo, y la conexión que realiza por la estrategia característica de regresarse en los escenarios, en este caso con el concepto de superficie cerrada que hace un paseo por los tres escenarios. El retorno a las premisas principales, con relación directa al campo eléctrico (carga eléctrica, líneas de campo eléctrico) reviste de presencia y llama el interés del estudiante, la cantidad de ejemplos dibujados sobre el dipolo y luego la analogía en un escenario que lo traslada de lo abstracto a lo cotidiano; y el quinto escenario (la carga puntual) como un ejemplo de aplicación a la ley de Gauss.

En el quinto escenario (la carga puntual – la esfera y el cubo) Pere realiza un ejemplo de aplicación, y se observa el máximo de “presencia” en su actuación, que puede calificarse de mayor nivel, ya que aparte del dibujo que es grande y bien realizado, el profesor utiliza la representación corporal con la mímica “*yo soy la carga y mis brazos las líneas de campo*” con efectos de la pausa provocando *dramatismo* en la acción. Luego, con la representación del cubo imaginario que engloba todo el espacio del aula, junto con la audiencia, surte un efecto de mayor dinamismo y drama que se evidencia en la interacción con los estudiantes.

8.2.10.4 *La creación de la comunión del auditorio.*

El profesor mantiene la unidad como comunidad que comparte conocimientos (comunión) con la pausa, esperando a los estudiantes a que copien. Las características descritas en la parte didáctica con la categoría “*vamos juntos*” igualmente tienen implicación emocional al estudiante y contribuyen a la creación de comunión. En el fragmento del episodio D22_P se observa la *comunión con el auditorio*, con la intención de Pere de acercarse a la audiencia,

cuando humaniza al científico Gauss con características de personas comunes, no esperadas en una autoridad científica, y lo señala “Gauss hizo un poco de trampa”, dándole cualidades humanas, que permitan hacerlo cercano a la audiencia. Luego la analogía en un escenario que lo traslada de lo abstracto a lo cotidiano. En el quinto escenario (la carga puntual) con su dinámica del cubo buscando la intervención del estudiante, logra la comunión, y en los episodios finales luego de terminar el ejemplo de la carga puntual, cuando realiza el cierre de la clase que comparte sus ideas, para darle importancia a estudiar física está creando comunión con el auditorio y al finalizar los invita vamos a tomarnos un café, muestra su cercanía y refuerza la unión como grupo que comparten intereses y demuestra un afecto amistoso.

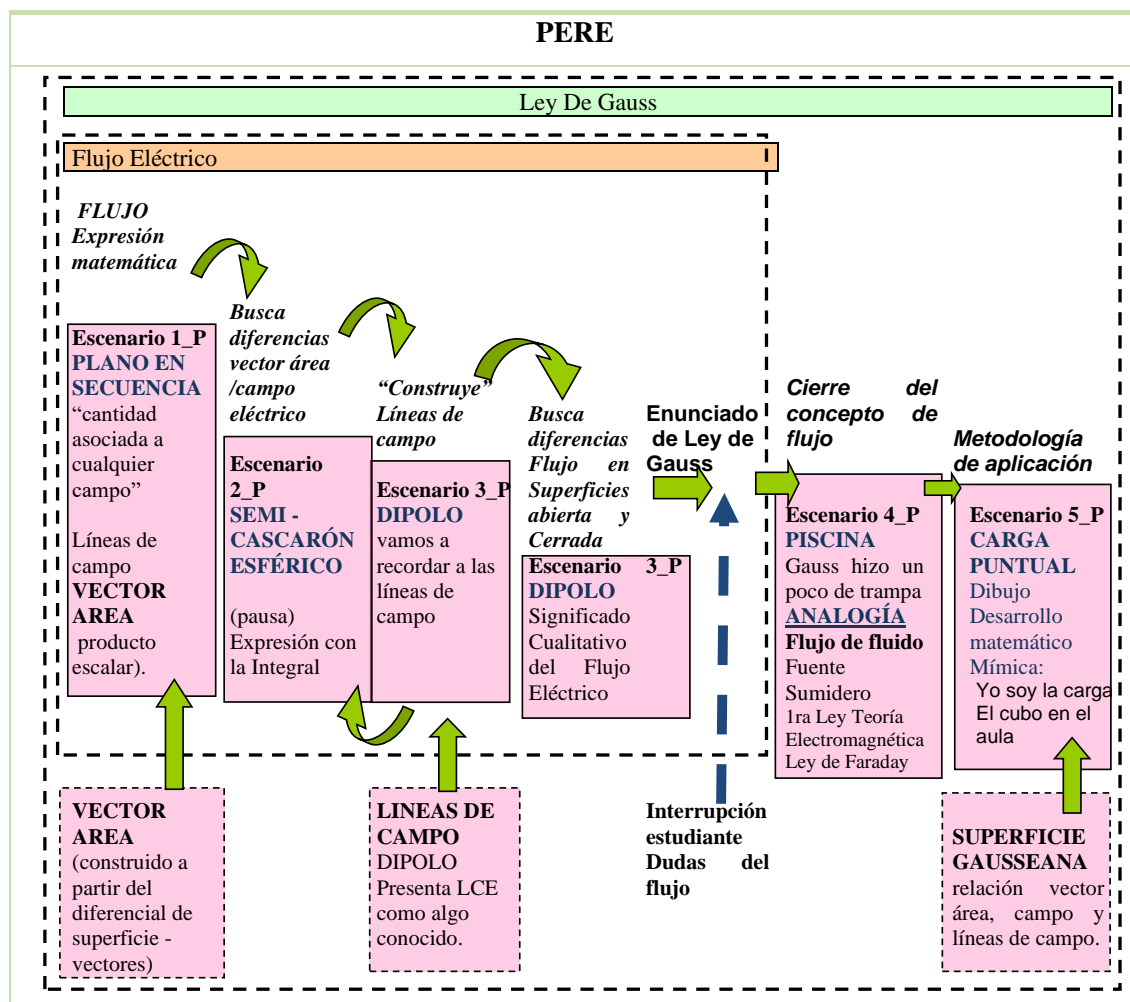
8.2.10.5 Interacción de los escenarios construidos en la historia de Pere

En la tabla 8.12a y 8.12b se muestran dos tipos de esquemas para describir, el desarrollo de las premisas y escenarios en la historia de Pere para construir los conceptos de flujo y ley de Gauss, donde se muestran de izquierda a derecha bloques con los segmentos de la historia, caracterizados por cinco escenarios representados por Pere.

En la tabla 8.12 a. se muestra la historia con esquema desde el punto de vista conceptual. Descrito de afuera hacia adentro, está formado por un bloque mayor que representa el enunciado de la ley de Gauss, en su interior se encuentra otro bloque marcado con un recuadro pespunteado, que representa el segmento de la historia de flujo eléctrico, al cual le llegan dos bloques que representan las premisas principales; vector área y líneas de campo; una premisa importante para la ley de Gauss es la superficie gausseana que se puede observar en el esquema.

En la tabla 8.12b. se muestran más detalles en cuanto a episodios, escenarios y argumentos que los caracterizan. Cada escenario está identificado en la parte superior por el macro argumento que lo caracteriza, luego por las tesis y preguntas críticas de enlace; en la parte inferior se señalan los episodios y en la parte inferior encerrados en recuadros se resumen las premisas, y *entidades que son construidas o que se refuerzan* para cada segmento. Los escenarios se enlazan con las flechas curvas que representan las *conexiones en el discurso*, las *flechas negras señalan la conexión a los escenarios nuevos y las rojas indican la interacción entre los escenarios nuevos y anteriores*, que se refleja en la explicación de Pere con el uso característico de las dos pizarras.

Tabla 8.12a. Esquema de escenarios y argumentos en la historia de Pere
[D01_P, D25_P][E01_P, E13_P].



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.12b. Esquema de escenarios y argumentos en la historia de Pere.

Fuente: Elaboración propia

8.2.11 Aspectos multimodales y modos comunicativos utilizados por Pere

La historia de Pere, analizada desde la dimensión 3, focaliza la atención en la acción multimodal, se presenta en tres niveles, donde los dos primeros niveles se presentan en forma de tablas para organizar lo observado y el tercer nivel se discuten las interacciones entre los modos. Quedando este apartado organizado de la siguiente manera.

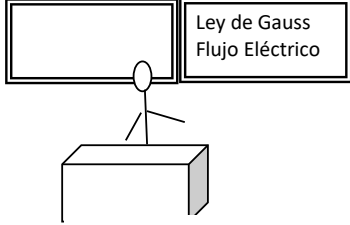
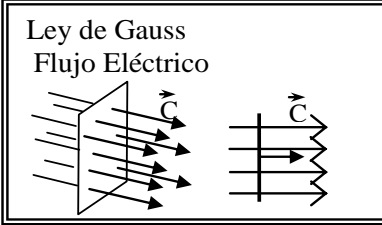
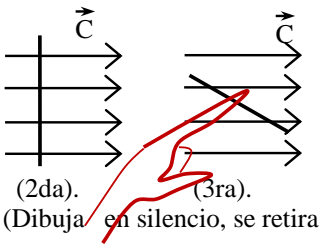
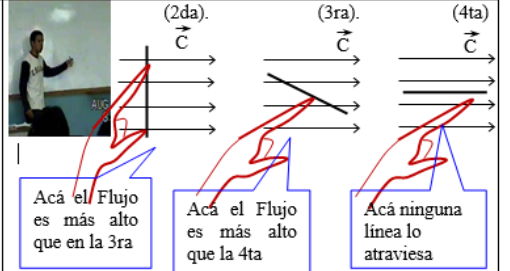
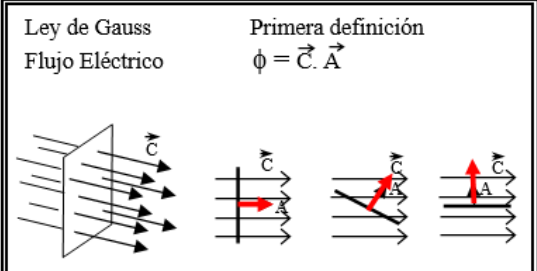
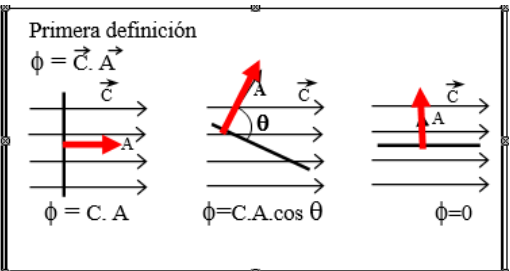
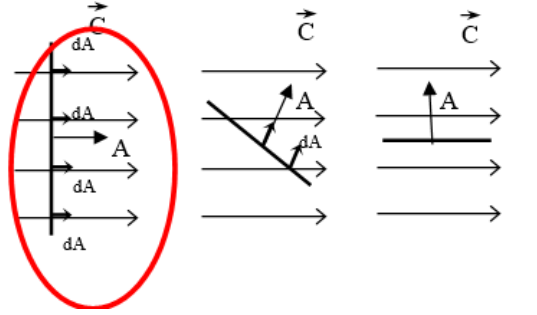
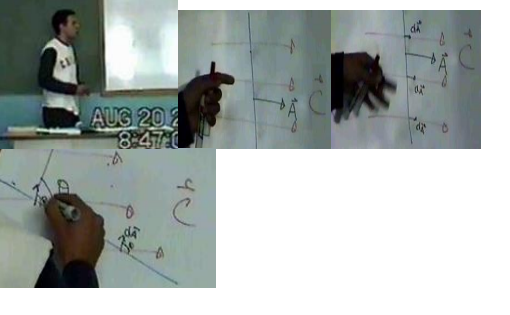
- Puesta en Escena, subclasificada según los escenarios. El primer nivel corresponde a la historia de forma muda, la puesta en escena, colocando en secuencia las imágenes que identifican las acciones destacadas durante la construcción de la historia explicativa
- Modos comunicativos. Se representan las subcategorías de la dimensión multimodal, un segundo nivel donde en base a las tablas de análisis de las secciones anteriores junto con el análisis del primer nivel, se tabula el uso de los modos comunicativos a lo largo de los segmentos, agregando las subcategorías encontradas. Se presenta en tres partes: a) flujo eléctrico, b) ley de Gauss y c) ejemplo de aplicación sobre la carga puntual.
- Interacción de los modos.

8.2.11.1 *La puesta en escena de Pere*

La puesta en escena resume de forma visual, la acción del profesor a lo largo de la explicación. Para ello se construyó la tabla 8.13, dividida en tres partes: plano - hemisferio- dipolo-analogía piscina. Se recuerda que, para el ejemplo de la carga puntual, la puesta en escena se encuentra en el apartado 7.3. El propósito la puesta en escena es utilizar la expresión visual; y a continuación, se da una breve descripción de la tabla 8.13.

- **Flujo cualitativo y como producto escalar.** En la tabla 8.13a. se resume la actuación de Pere para la explicación de flujo, sobre el escenario del plano inclinado en la construcción del concepto cualitativo del flujo y del flujo como producto escalar.
- **Flujo como integral de superficie abierta y cerrada.** Pere y el hemisferio, en la construcción del flujo como integral, y la apertura a la ley de Gauss, con el concepto de superficie abierta, superficie cerrada y flujo para superficie cerrada, tabla 8.13b
- **Flujo Eléctrico y la ley de Gauss - analogía dipolo -piscina.** Pere y el dipolo, en la construcción de la ley de Gauss y el flujo eléctrico en superficie cerrada, finalizando con una analogía al llenado de una piscina. Tabla 8.13c.

Tabla 8.13a. Puesta en escena de Pere. Flujo concepto cualitativo y como producto escalar.

Pere: Desarrollo del concepto Flujo eléctrico.Episodios D01_P al D25_P.			
E títulos	[D01_P]	D-1: Plano inclinado. Dibujos en secuencia DS1 – DS2.	[D01_P, D02_P]
			
Pr DS3 Pr GA	[D03_P]	DS1-DS2 DS3 GA GA GA	[D03_P]
 <p>(2da). (3ra). (Dibuja en silencio, se retira y hace pausa).</p>		 <p>Acá el Flujo es más alto que en la 3ra</p> <p>Acá el Flujo es más alto que la 4ta</p> <p>Acá ninguna línea lo atraviesa</p>	
Dibuja vector área en c/dibujo	[D04_P, D05_P]	EM GA coloca el producto escalar en cada posición del plano y dibuja A, teta	[D06_P, D07_P]
<p>Ley de Gauss Flujo Eléctrico</p> <p>Primera definición $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$</p> 		<p>Primera definición $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$</p>  <p>$\phi = C \cdot A$</p> <p>$\phi = C \cdot A \cdot \cos \theta$</p> <p>$\phi = 0$</p>	
DS1-DS2-DS3 redibuja VA para resaltar comportamiento constante	[D08_P]		D09_P
			

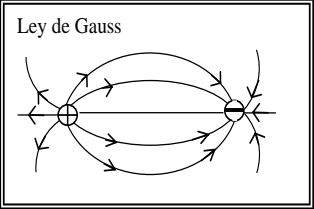
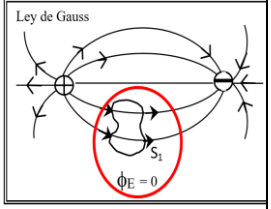
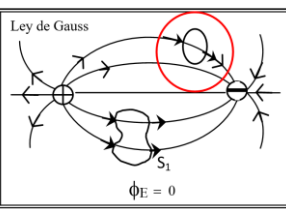
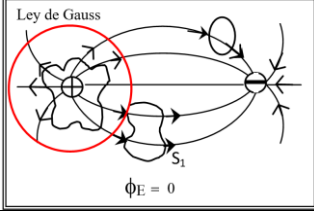
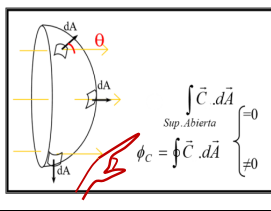
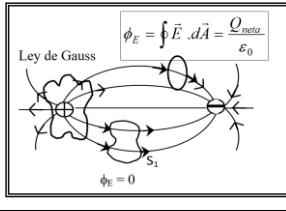

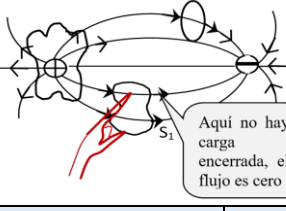
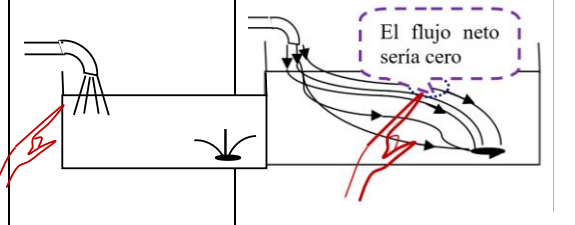
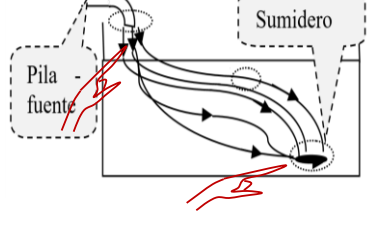
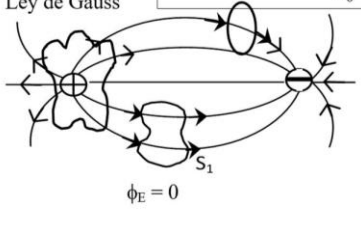
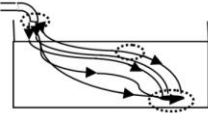
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.13b. Puesta en escena de Pere. Flujo expresado como la integral del producto escalar

D-2 cascarón semiesférico. Borra E y coloca C genérico	[D10_P]	D-2 GA GA diferencial de área y vector área, ángulo teta en rojo	[D11_P]
Trabajo en las dos pizarras			
	<div><div>Ley de Gauss Flujo Eléctrico</div><div></div></div>		
D-2 diferencial de área, ángulo y campo	D12_P	EM Integral del flujo	D12_P, D13_P
EM Superficie cerrada - abierta	[D15_P]	GA GA Si cierro el cascarón	[D16_P]

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.13c. Puesta en escena de Pere. Flujo eléctrico y ley de Gauss

D-3 Dipolo Flujo en sup. cerrada	[D14_P]		[D17_P]		D18_P
Ley de Gauss 		Ley de Gauss 		Ley de Gauss 	
	D18_P		D19_P		D19_P
Ley de Gauss 				Ley de Gauss $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{neta}}{\epsilon_0}$ 	
GA acotar , GA	D20_P	GA	D20_P	GC No hay... , GA	D20_P
$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{neta}}{\epsilon_0}$					
D-4 Piscina	D23_P		D24_P	Analogía Piscina Dipolo	D25_P
					
Pizarra completa de la Analogía					
<div> $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{neta}}{\epsilon_0}$ <p>Ley de Gauss</p>   </div>					

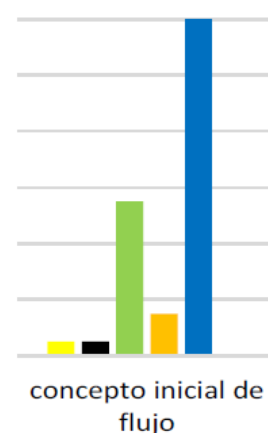
Fuente: Elaboración propia

8.2.11.2 Modos comunicativos en Flujo utilizados por Pere.

En la tabla 8.14 se muestran los modos comunicativos en el segmento [D01_P, D13_P] (escenario 1_P) que trata de la construcción de la expresión del concepto de flujo como integral de área, en el sistema del plano. Está formada por tres filas, la primera contiene el *tablero modal*, debajo se encuentra *la gráfica o esquema de barras* que describe la interacción entre los modos, la cual está alineada con el tablero modal para hacer corresponder los segmentos, y en la parte inferior se encuentra la leyenda.

En el tablero modal de la tabla de la tabla 8.14, se presentan las categorías de modos comunicativos utilizados por Pere a lo largo de esta historia de flujo. En la primera columna, se encuentran los modos comunicativos y las subcategorías que aparecen en la historia. En la parte superior del tablero se encuentra el encabezado, donde se describen los trece episodios, organizados en **cuatro partes**, tres del plano inclinado (*escenario 1_P*) y una parte del cascarón esférico (*escenario 2_P*). En la última fila se repiten los episodios enumerados D01_P-D13_P como guía. A continuación, la descripción de cada una de las cuatro partes de este segmento explicativo (se puede referir a la puesta en escena correspondiente, en las tabla 8.13a y 8.13b).

- Parte 1. Escenario 1_P: Concepto inicial de flujo [D01_P, D04_P].** *En el modo verbal* se destaca la pausa (barra amarilla) del inicio y las preguntas retóricas (barra negra) en D03_P que anticipan la inclinación del plano “Que tal, ¿si yo agarro e inclino este plano?” (Pr), y hacen pensar sobre la formulación matemática, “¿Cómo expresamos nosotros esto, matemáticamente?” (Pr). *En el modo gestual* (barra ocre), utiliza el gesto apuntador (GA) sobre el dibujo. *En la escritura* (barra verde) sobre la pizarra, se señala el título (ET), y el uso de la nomenclatura (EN) y simbología (ES) en todo el segmento. La escritura matemática (EM) aparece en el episodio D04_P cuando escribe el flujo como producto escalar, haciendo el enlace con el dibujo (D→EM). *El modo del dibujo* (barra azul oscuro) junto con la escritura, son los más resaltantes de este segmento, cuando inicia la presentación del sistema plano (DS-1) y luego va dibuja el plano de perfil (DS-2) y luego agrega dos inclinaciones del plano (DS-3, DS-4).

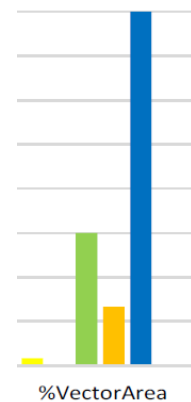


- **Interacción de modos comunicativos [D01_P, D04_P].** En este segmento se observa la combinación de los modos en cada episodio, siendo el de mayor intensidad, el episodio tres, donde se combina la pregunta retórica, la gestualidad, la escritura simbólica y dos dibujos del plano en varias posiciones. Agrupando los modos de escritura y expresión matemática para este segmento, el comportamiento cualitativo descrito antes, se puede ver en el esquema de barras de la tabla 8.11.

- Parte 2. Escenario 1_P: Flujo como producto escalar y vector área [D05_P, D07_P].** *En el modo escritura* resalta el uso de la nomenclatura (EN) y simbología (ES) sobre los gráficos representando el vector área con su nombre, en los tres dibujos, y en D06_P les agrega las correspondientes *expresiones matemáticas* (EM, x3: al menos tres). *En el modo gestual* utiliza el gesto apuntador (GA) para seleccionar y destacar elementos sobre los tres dibujos, en D06_P los señala al menos tres veces en ese episodio (x3) haciendo los enlaces con cada *dibujo* (D→EM) y hace una pausa al final (barra amarilla).

	05	06	07
		3x	
		3x	
			•

- **Interacción de modos comunicativos [D05_P, D07_P].** El uso de los modos se representa en el esquema de barras donde el principal modo que acompaña a la explicación, es el dibujo y luego destacan el gestual y la expresión escrita en la pizarra. En estos tres episodios se observa la interacción entre la gestualidad, la escritura y los dibujos en secuencia que son los protagonistas (barra azul oscuro), que sirven de base para presentar los tres elementos área, campo, ángulo, con la notación vectorial y simbólica correspondiente.

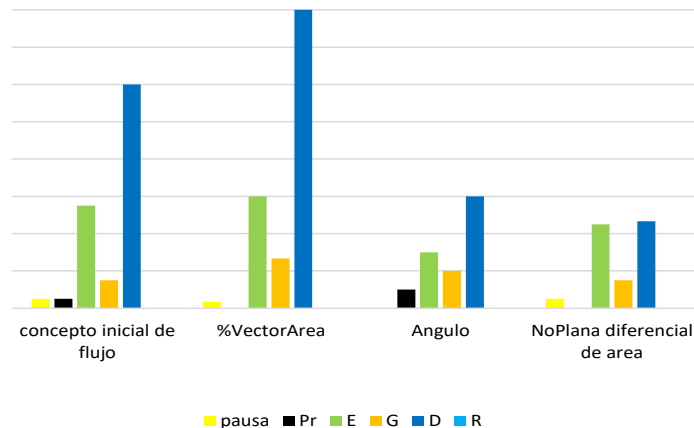


- Parte 3. Escenario 1_P: Superficie plana y ángulo [D08_P, D09_P].** En estos dos episodios Pere trata de resaltar el comportamiento del ángulo teta. En D08_P presenta la mayor interacción de modos con gesto apuntador (GA), escritura gráfica simbólica (EN, ES) que hacen los enlaces a los tres dibujos en secuencia (D→EM)) para justificar de forma visual el comportamiento constante entre el campo y el vector área. En D09_P se observa el modo verbal con la pregunta crítica (Pr), cuando conecta al siguiente

Tabla 8.14. Modos comunicativos de Pere para Flujo eléctrico

Modo comunicativo		PERE: Desarrollo teórico: Flujo eléctrico [D01_P a D13_P] Sistema plano-LCE.												
Modo/Partes		Primera definición de flujo. Dibujo en Secuencia			Vector área		Angulo θ		θ no cambia porque la superficie es un Plano		Superficie No Plana		Integral del flujo	
					Flujo como Producto escalar						El ángulo cambia según el diferencial de superficie			
Episodios Imin		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
Dibujo	DD-2 cascaron													
	DS-4													
	DS-3													
	DS-2													
	DS-1													
Enl	D→EM													
	EM						3x							
Escritura	ENombre													
	ESvect													
	E-													
	ETítulo													
Gest	GN													
	GA			2x			3x							
Verbal	pausa													
	Pr													
	Habla													
Episodios		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13

Interacción cualitativa de los modos para cada apartado.



DD: desarrolla el dibujo
D→EM: enlaza el dibujo con una expresión matemática
E: escritura en la pizarra
EN: nomenclatura
ES: símbolo en la pizarra
ET: título en la pizarra
EM: Expresión matemática

GA: gesto apuntador
GB: gesto beat
GC: gesto conceptual
GF: gesto marcado al hablar
GN: gesto narrativo
ROD: Rep. con objetos sobre el dibujo
ROG: Rep. con objetos, gestos y desplazamiento

Pr: Pregunta retórica, orienta la explicación
PF: Pregunta *feedback*, atenta a la reacción de la audiencia, censa clima del aula
PG: Pregunta Guía que espera respuesta, es dirigida o sencilla, utilizada para activar/integrar la audiencia
PR: Pregunta que espera y recibe, respuesta clara de la audiencia

Fuente: Elaboración propia

- ***La interacción de los modos en el concepto de flujo:*** En la segunda fila de la tabla 8.14, contiene el esquema de barra cualitativo de la aparición del modo en cada apartado de la tabla superior, con el fin de orientar visualmente los modos usados y que destacan en cada una de las cuatro partes del segmento de flujo. Esta gráfica está conformada de cuatro subgráficas que arriba ya fueron descritas individualmente. Como visión de conjunto entre las gráficas, la mayor fuerza interactiva de la explicación se observa al inicio en la construcción inicial del concepto de flujo y las componentes del producto escalar con el vector área (se puede observar en la tabla 8.13a). Queda resaltado que su modo dominante es el dibujo. La pregunta retórica la usa de enlace en dos de las gráficas.

Algo que hay que resaltar y que quizás no se muestra en el diagrama de barras, pero en la tabla se añadió como categoría es la acción del profesor para enlazar las variables de estudio con el dibujo y con el desarrollo matemático, (por medio del discurso sumado a los gestos, la nomenclatura el pasar de la ecuación al dibujo y conectarlo en la secuencia de la explicación); esto se observa de forma casi continuada a partir del episodio 4. Esta estrategia reviste de coherencia la construcción de significado de la entidad flujo en la explicación.

8.2.11.3 *Modos comunicativos en ley de Gauss utilizados por Pere.*

En la tabla 8.15a, primera fila, se muestra el *tablero modal* con el comportamiento de los modos comunicativos de Pere, segmento [D14_P, D25_P] (*escenarios 2_P, 3_P y 4_P*) correspondiente al enunciado de la ley de Gauss hasta su ejemplificación con la analogía. En la segunda fila se muestra el *gráfico de barras* con la interacción de los modos comunicativos, agrupados en tres segmentos.

En el tablero modal, el encabezado presenta once episodios, descritos y separados en tres partes: a) introducción al dipolo y semi cascaron con superficie abierta y cerrada, b) el dipolo y flujo en superficies cerradas hasta enunciar la ley de Gauss y c) Gauss, y la analogía entre dipolo y piscina. En la primera columna, se encuentran los modos comunicativos y las subcategorías que aparecen en la historia. A continuación, la descripción de estas tres partes.

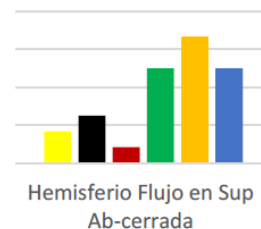
➤ **Escenario 2_P: El Semi cascarón: Flujo en superficie cerrada [D14_P, D16_P].**

Formado por tres episodios, inicialmente con el dibujo del dipolo, luego se regresa al escenario del cascaron para construir el concepto de superficie cerrada (puesta en escena correspondiente en la tabla 8.13b).

En el modo verbal se observa el uso de la *pausa* después de dibujar y luego de copiar la ecuación matemática en D15_P; se observa el uso de la *pregunta crítica* con interacción directa con los estudiantes en el episodio D16, que en el apartado de flujo no estaba, Pere plantea el flujo en superficie cerrada a partir del concepto cualitativo inicial e inicia una sesión de preguntas para hacerlos pensar: ¿y cuál es el flujo que debería dar si encierro completamente este cascarón? (PR los estudiantes dan respuestas) y preguntas críticas “¿podría ser distinto de cero? ¿Y si es distinto de cero, a qué es igual?” (Pr). En el modo de escritura se observa el título: “ley de Gauss” (ET), luego en el episodio D15_P el uso de la escritura matemática (EM), con el uso de la nomenclatura “ ϕ_c ” (EN), y la simbología matemática, las llaves, el círculo en la integral (ES). El modo gestual acompaña la escritura con gestos apuntadores (GA) que realizan las conexiones (D→EM al menos tres veces) entre los elementos del dibujo (escenario 2_P) del cascaron *cerrado imaginariamente* y la expresión matemática del flujo para superficie abierta y cerrada.

Modo/Partes		Dipolo – Semi cascaron. Superficie abierta y cerrada		
Episodios-1 minuto		14	15	16
Dibujo	DD-4 analogia			
	DD-3 dipolo			
	DD-2 cascaron			
	D→EM		3x	
Enl	EM			
Escritur	ENombre			
	ESVect			
	ETitulo			
Gest	GN			
	GA		2x	5x
Verbal	pausa	•	•	
	PR			
	Pr			3x
	Habla			
Episodios		14	15	16

- **Interacción de modos comunicativos [D14_P, D16_P].** En el *esquema de barras modales* se resalta la combinación de la escritura matemática y la gestualidad sobre el dibujo, que combinados con la pausa y las preguntas críticas retórica como con respuestas, logran la interacción con respuestas del estudiante. En el episodio D15_P se observa la mayor interacción entre modos, pausa, gestual (al menos dos gestos apuntadores), simbólico, matemático, los enlaces del dibujo a las relaciones **matemáticas**, soportado en el escenario del hemisferio para recrear una superficie cerrada.



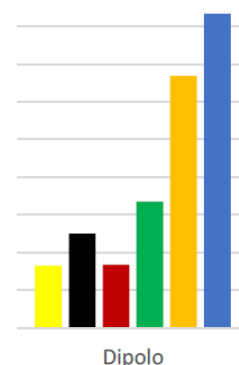
- **Escenario 3_P: El Dipolo. Flujo eléctrico y dipolo [D14_P] y [D17_P, D20_P].** Este escenario tiene un peso importante, debido a que es el primer escenario para conceptualizar flujo en el que Pere utiliza elementos propios de la electrostática, conectados entre sí: carga eléctrica, líneas de campo eléctrico, flujo eléctrico. Formado por cinco episodios tomando D14 (puesta en escena correspondiente en la tabla 8.13c), donde el dibujo acompaña la explicación, añadiendo elementos para dar respuesta a las preguntas críticas planteadas anteriormente.

Dipolo – Flujo en superficies cerradas- Ley de gauss				
17	18	19	20	
	2x			
		3x		
		3x	3x	
		•	•	
	2x			

En el modo verbal utiliza la pausa después de presentar la ley de Gauss y luego de terminar el ejercicio con el dipolo para esperar a que copien o pregunten si hay dudas; utiliza la pregunta crítica manteniendo la atención del estudiante para pensar sobre el flujo en superficie cerrada con la interacción, en D17_P: “¿el flujo aquí cuánto debería ser? (¡cero! responden)” (PR), y luego en D18_P: “pero qué tal si coloco una superficie acá, ¿a qué es igual el flujo?, ¿cuándo es distinta de cero a qué es igual?” (Pr).

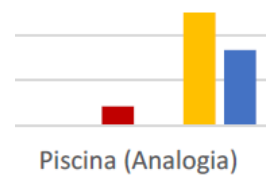
El modo del dibujo acompaña todo el segmento, pero agrega detalles al dibujo en los tres primeros, hasta que enuncia la ley con *la escritura matemática* (EM) en D19_P. *En el modo gestual*, en D17_P utiliza gestos apuntes (GA) para relacionar las dos pizarras, es decir, el dipolo con el escenario del cascarón y las ecuaciones planteadas. Luego aumenta la dinámica en D19_P y D20_P con gestos apuntes (GA), que relacionan el dibujo con la expresión matemática (D→EM) para justificar la utilidad de la ley de Gauss y responder a la pregunta que había quedado planteada.

- **Interacción de modos comunicativos [D14_P], [D17_P, D20_P].** En el esquema de barras se nota el modo protagonista es el dibujo del dipolo, agregando detalles en tres de los cinco episodios. Y en el resto trabajando sobre él igualmente. Una gran gestualidad utilizada para realizar las conexiones entre pizarra, dibujos, ecuaciones, el uso de la pausa y las preguntas críticas retórica y de interacción para responder cuánto vale el flujo. Pere plantea la ley de Gauss y la acompaña de una alta gestualidad que hace el enlace de la ecuación, el dibujo y la explicación para justificar lo planteado. En el esquema de barras, destaca por su comportamiento altamente interactivo, donde aparecen seis modos combinados



➤ **Escenario 4_P: La Piscina. Analogía entre flujo de fluido y flujo eléctrico [D21_P, D25_P].** En este escenario ya el profe está realizando el cierre, ha realizado una gran pausa para que copien y pregunten (puesta en escena correspondiente en la tabla 8.13c). Comenta sobre la historia de esta definición de flujo eléctrico y un poquito de trampa hizo Gauss al valerse de otro concepto similar, “¿a qué les suena más flujo, le suena a campo eléctrico o a agua?” realiza una pregunta crítica buscando interacción, para iniciar la explicación de la analogía de la piscina.

- **Interacción de modos comunicativos [D21_P, D25_P].** En el esquema de barras se observa que la explicación de la analogía está apoyada en el discurso verbal, el dibujo de la piscina y la gestualidad con gestos apuntadores (GA) para enlazar los dos dibujos: piscina y dipolo, haciendo la conexión entre los elementos carga positiva (fuente o pila de agua), carga negativa (sumidero o desagüe), líneas de campo (líneas de fluido), flujo de fluido y flujo eléctrico. En el esquema de barras se observan los tres modos que aparecen: dibujo, gestualidad y pregunta interactiva.

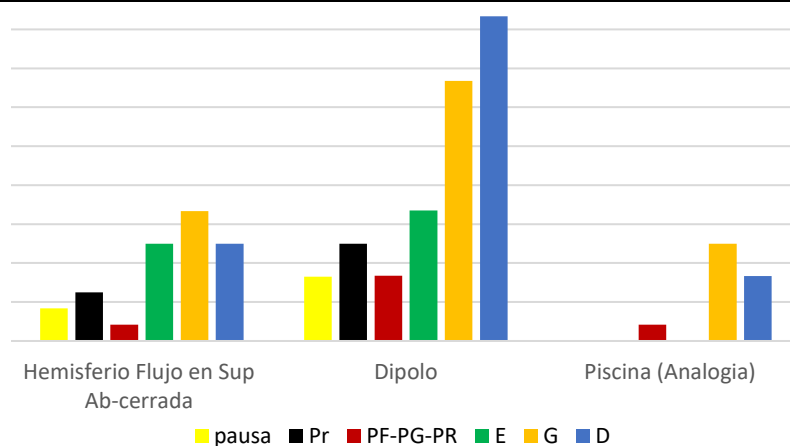


➤ **La interacción de los modos en la Ley de Gauss:** Observando el conjunto de la construcción de la ley de Gauss, se observa el uso del profesor de una mayor multimodalidad que involucra directamente al estudiante y exterioriza una mayor gestualidad, lo que se observa en el esquema con la aparición de seis modos (categorías) a la vez en un escenario.

Tabla 8.15a. Modos comunicativos de Pere para Ley de Gauss

Modo comunicativo		PERE: Desarrollo teórico: Ley de Gauss [D14_P a D25_P] Sistema Dipolo-Analogía Piscina											
Modo/Partes		Dipolo – Semi cascaron. Superficie abierta y cerrada			Dipolo – Flujo en superficies cerradas- Ley de gauss				Intervención, Gauss hizo trampa		Analogía del dipolo y la piscina		
Episodios-1minuto		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Dibujo	DD-4 analogía												
	DD-3 dipolo					2x							
	DD-2 cascaron												
Enl	D→EM		3x										
	EM						3x						
Escriitur	ENombre												
	ESvect												
	ETítulo												
Gest	GN												
	GA		2x	5x			3x	3x				3x	2x
Verbal	pausa	●	●				●	●					
	PR												
	Pr			3x		2x							
	Habla												
Episodios		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Interacción cualitativa de los modos para cada escenario



DD: desarrolla el dibujo
D→EM: enlaza el dibujo con una expresión matemática
E: escritura en la pizarra
ES: símbolo en la pizarra

ET: título en la pizarra

GA: gesto apuntador
GB: gesto beat
GC: gesto conceptual
GF: gesto marcado al hablar
GN: gesto narrativo
ROD: Rep. con objetos sobre el dibujo

ROG: Rep. con objetos, gestos y desplazamiento

Pr: Pregunta retórica, orienta la explicación
PF: Pregunta *feedback*, atenta a la reacción de la audiencia, censa clima del aula
PG: Pregunta Guía que espera respuesta, es dirigida o sencilla, utilizada para activar/integrar la audiencia

PR: Pregunta que espera y recibe, respuesta clara de la audiencia

Fuente: Elaboración propia

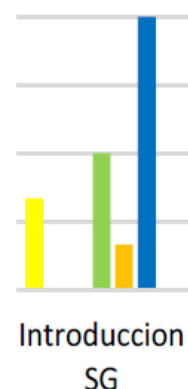
8.2.11.4 Modos comunicativos en el Ejemplo de la carga eléctrica (síntesis).

En el capítulo siete se presentó la historia explicativa de Pere, en una aplicación de la ley de Gauss para determinar el campo eléctrico generado por una carga eléctrica, la cual fue analizada con énfasis en la dimensión didáctica (apartado 7.3). En este apartado se profundiza en el análisis del comportamiento de los modos comunicativos de esta historia, realizado por completitud en esa búsqueda de elementos que caractericen las explicaciones.

En la tabla 8.15b se muestra el tablero modal con los modos comunicativos utilizados para el ejemplo de la carga puntual de Pere, en el segmento [E01_P, E13_P] (*escenario 5_P*). La primera fila, contiene el *tablero modal* del segmento, la segunda fila presenta la *gráfica de barras modales* con la interacción de modos comunicativos. A continuación, se presenta un resumen de los modos comunicativos y su interacción en este escenario de la carga puntual, clasificado en seis partes.

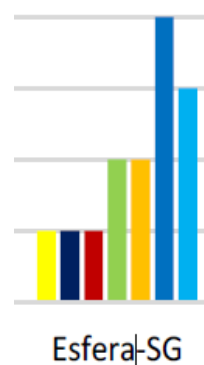
➤ **Escenario 5_P (1/5): Planteamiento del ejemplo, y definición de superficie gaussiana**

(SG) [E01_P, E03_P]. Es la presentación del enunciado del ejemplo, Pere destaca *en el modo dibujo* con la carga puntual y la esfera, usando título del enunciado, superficie gausseana (ET), el uso de la nomenclatura y simbología del vector posición al punto P, en el *modo de escritura* (EN, ES). *En el modo verbal* utiliza la pausa en el dibujo, y cuando presenta a la esfera como superficie gausseana. *En el modo gestual* utiliza el gesto conceptual (GC) cuando indica con los índices unidos, que en la superficie gausseana van a tratar de que los vectores sean “paralelos”.



➤ **Escenario 5_P (2/5): La esfera como SG y la mímica “yo soy la carga”** [E04_P,

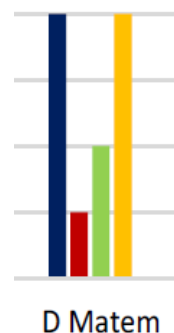
E05_P]. En estos dos episodios Pere intenta justificar la selección de la esfera como superficie gausseana. *Inicia con el modo dibujo* de la carga puntual y la esfera, de gran tamaño y que representa el elemento central de la explicación (barra azul oscuro), dibuja las líneas de campo, el vector área, diferenciales de área. *En el modo gestual*, acompaña al dibujo señalando (GA) los elementos, el cual identifica con la escritura gráfico simbólica (EN, ES). En el episodio E05_P inicia una representación (barra azul claro) usando la gestualidad narrativa (GN) con la mímica, “yo soy la carga y mis brazos las líneas de campo”. El modo verbal resalta en este episodio cuando interviene para describir y dinamizar el



aula, involucrándolos en su representación “hay líneas que salen de la pizarra ¿okey?” y “cualquiera de estas líneas son paralelas al diferencial de área, ¿cierto o falso?, ¿lo pueden imaginar?” y dramatizar enfatizando con los brazos abiertos en pausa.

- **Interacción de modos comunicativos [E04_P, E05_P].** En el esquema de barras se observa una gran dinámica modal para lograr convencer sobre la esfera como superficie gausseana. Se observan seis combinaciones de modos comunicativos: la pausa y las preguntas interacción con el feedback, el dibujo central, la representación con la mímica, la gestualidad narrativa indicando el sentido de las líneas de campo, y la escritura.

- **Escenario 5_P (3/5): Desarrollo matemático [E06_P, E07_P].** En el modo verbal se observa mayor interacción, Pere confirma y pregunta para censar la comprensión del estudiante “esta es una superficie gausseana ¿okey?” (PF) y hace el enlace al campo eléctrico con preguntas ¿recuerdan el campo eléctrico para la carga puntual? (Pr)” y así lleva el desarrollo de la integral (EM) hasta hacer notar el producto de los vectores que se simplifica, ¿es el coseno de qué ángulo? Y obtiene la respuesta (PR) y esto es por el hecho de ser una superficie gausseana ¿okey? (Pr). En el *modo del gesto*, usa énfasis en el tono de voz (GF), y utiliza el gesto apuntador (GA) *que enlaza* el dibujo con el *desarrollo matemático* (D→EM).



- **Interacción de modos comunicativos [E06_P, E07_P].** Resalta el uso de la pregunta crítica, logrando una alta interacción; acompañado de la escritura matemática una alta gestualidad que conecta y enlaza el gráfico al desarrollo matemático.

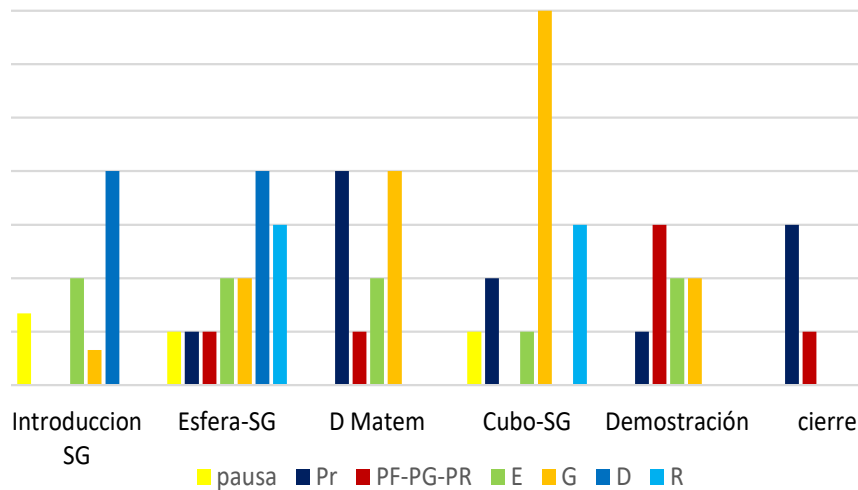
- **Escenario 5_P (4/5): El cubo como superficie gausseana SG [E08_P, E09_P].** En este caso la estrategia cambia a una de mayor desplazamiento ¿te imaginas el cubo?, y destaca por primera vez la representación usando Pere desplazamiento en la gestualidad narrativa, sobre el resto de los modos para lograr la representación del cubo en el centro del aula.



Tabla 8.15b. Modos comunicativos de Pere. Carga Puntual. Campo aplicando ley de Gauss

Modo Comunicativo		PERE: Ejemplo: Campo eléctrico de una carga puntual. Episodios [E01_P al E13_P]												
		Introducción-SG			Esfera -SG		Análisis matemático		Cubo - SG		Demostración matemática		Cierre	
Episodios 1min		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
Dibu Representa	ROIG cubo													
	RIGD mímica													
Dibu	DD													
Enlace	R→EM													
	D→EM													
	EM													
Escritura	ENombre													
	ESVect													
	ETítulo													
Gestual	GC													
	GN													
	GA													
	GFtono													
Pau	pausa													
Pregunta	PR													
	PF													
	Pr													
V	Habla													
Episodios		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13

Interacción cualitativa de los modos para cada apartado



R→EM

D→EM: enlaza el dibujo con una expresión matemática EM
ET: título en la pizarra
EN: Nomenclatura en la pizarra
ES: símbolo en la pizarra

GA: gesto apuntador

GC: gesto conceptual
GF: gesto marcado al hablar
GN: gesto narrativo

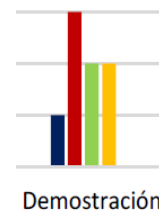
RIGD: Rep. con objetos imaginario sobre el dibujo.
ROIG: Rep. con objeto imaginarios, gestos y desplazamiento

DD: desarrolla el dibujo

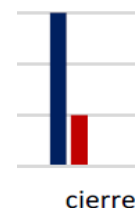
Pr: Pregunta retórica, orienta la explicación
PF: Pregunta *feedback*, atenta a la reacción de la audiencia, censa clima del aula
PR: Pregunta que espera y recibe, respuesta clara de la audiencia.
P: Pausa

Fuente: Elaboración propia

- **Escenario 5_P (5/5): La formalización de la demostración [E10_P, E11_P].** Representa el final del desarrollo matemático, donde aún se destaca la interacción con respuesta de los estudiantes ¿y cuánto me da esta integral? ¿y cuánto vale esta superficie? y la gestualidad.



- **Cierre de la clase [E12_P, E13_P].** Cerrando el ejercicio con la pregunta con respuesta ¿Qué les parece? Y luego comparte ideas.



8.2.11.5 *La interacción de los modos comunicativos Pere en la construcción de la historia.*

En la tabla 8.16 se presenta la síntesis descriptiva del comportamiento de los modos comunicativos observados en la clase de Pere para el concepto de flujo y para el enunciado de la ley de Gauss, con algunas características observadas en el uso de los modos al igual que en la combinación de ellos. Se pueden describir desde diferentes puntos de vista:

- *Según las categorías que agrupan los modos, tenemos:*
1. **La pregunta crítica** lo caracteriza en el orden de la explicación, para construir las definiciones iniciales que forman la base del tema (desarrollo teórico).
 2. **La gestualidad.** Es de carácter pausado, y predomina la gestualidad tipo apuntador, sin embargo, en momentos de alta interacción utiliza el desplazamiento, y la gestualidad narrativa para la representación de objetos imaginarios.
 3. **La escritura.** Es ordenado, y transmite formalidad en su hacer. Escribe el título del tema o del enunciado del problema, utiliza la nomenclatura, la simbología y es coherente en la escritura gráfica con la matemática. Todos los vectores están identificados correctamente.
 4. **Los enlaces.** Se observa que Pere realiza el enlace entre el dibujo y la expresión matemática, la representación y la ecuación matemática y quizás se debería agregar

entre dos dibujos o escenarios. Este enlace se realiza en su discurso, acompañado por el gesto, o por la pregunta crítica.

5. **El dibujo** es el protagonista para la construcción de significados utilizado por Pere. **El dibujo sencillo** para destacar comportamiento entre entidades (hemisferio o semi cascarón). Utiliza **el desarrollo de la explicación a través del desarrollo del dibujo**, agregando elementos a medida que avanza la explicación (dipolo). Aún más elaborado que el anterior es **el dibujo en secuencia** para desarrollar los conceptos, agregando elementos, a varios dibujos a la vez para destacar y comparar comportamiento (el plano inclinado).
 6. **La representación.** Pere muestra una gran interacción en la resolución de problemas, utilizando la representación con objeto imaginario sobre el dibujo con la carga, o con el cubo, acompañado de la pregunta crítica para hacer pensar, y la que recibe respuesta del estudiantado.
- **La combinación de modos.** Pere, combina de formas diferentes los recursos multimodales en su explicación. Se distinguen tres momentos:
- *Cuando hay una complejidad de entidades nuevas que interactúan para formar otro concepto nuevo.* Con el plano inclinado y la definición de flujo como producto escalar. Se observa una densidad de dibujos, colores y expresiones matemáticas, que evidencian la intensidad en la interacción de los dibujos, agregando elementos: líneas de campo, elemento de área, vector área, ángulo teta, y justificar con ellas la definición del flujo descriptivo primero y luego como producto escalar. Utilizando para cada posición expresiones matemáticas que describen el comportamiento de los vectores en cada posición.
 - *En el ejemplo del dipolo donde formaliza la ley de Gauss,* realizando conexiones entre entidades: flujo con flujo eléctrico, flujo con las entidades de electrostática (carga, líneas de campo, campo eléctrico, superficie cerrada) flujo de superficie cerrada con la definición descriptiva, y finalmente dirigir la explicación a enunciar la ley de Gauss. Destaca el dibujo detallado que se desarrolla agregando elementos junto con la explicación, acompañada de la gestualidad y la pregunta crítica para hacer pensar a la estudiante.

- *En la construcción del concepto de superficie gaussiana, reconociendo si la superficie elegida es o no, gaussiana.* Destaca el dibujo que sintetiza las premisas conocidas, matemáticas y gráficas, de la carga puntual positiva (valor del campo a una distancia r , comportamiento de las líneas de campo). Luego, recurre a la representación sobre el dibujo para verificar la comprensión del estudiante, combinando: dibujo, gestualidad narrativa, preguntas críticas, pausa para un mayor dramatismo esperando respuesta.

- ***La interacción según los propósitos de la explicación.*** La explicación se puede separar según el propósito en: a) desarrollo teórico [D01_P - D13_P], b) ejemplo [D17_P - D20_P], c) aplicación o resolución de problemas [E01_P - E11_P], d) cierre [D22_P - D25_P], [E12_P, E13_P].
 - Para el desarrollo teórico. Tiene preferencia por el dibujo o dibujo en secuencia, el gesto apuntador y hace las conexiones con la pregunta crítica.
 - Para el ejemplo: utiliza la explicación soportada en el dibujo, y lo combina provocando la interacción del estudiante para que responda las preguntas que realiza.
 - Para la resolución de problemas o aplicación de la ley de Gauss. Pasa a una estrategia cercana de la estudiante más interactiva, aumentando las preguntas críticas, donde la gestualidad con desplazamientos y representaciones del imaginario acompañan al dibujo y al desarrollo matemático.

Tabla 8.16. Pere y la interacción de los modos comunicativos

Pregunta e Interacción	Gestualidad y	Escritura	Dibujo	Representación
Pr Utiliza la pregunta retórica (Pr) para recibir feedback ¿me entienden? ¿verdad?	GA predomina el gesto apunador sobre la pizarra, hacia el techo del aula, con la función de destacar, hacer enlaces, o para dar presencia vectorial. Abraza la pizarra	Utiliza la escritura del título (ET) para iniciar cada parte (flujo – ley de Gauss – Ejemplo carga puntual). La nomenclatura (EN) y la simbólica (ES) ϕ_E .	DD El dibujo es el centro para construir significados y provocar la interacción	La pregunta con respuesta (PR) y la representación de la carga puntual (RIGD) y el cubo (ROIG) ¿lo pueden ver? ¿cómo es el - ángulo?
PR-G-D Utiliza la pregunta con respuesta de los estudiantes (PR), combinada con la gestualidad y el dibujo . ¿el flujo <u>aquí</u> (<i>dipolo</i>) cuanto debería ser?	GC Se observó en E02_P cuando define SG, para significar vectores paralelos. El GF , se usó cuando levantó el tono de voz, para afirmar le concepto de SG No se observó gestos, beat, u onomatopéyico GB - GNo.	Respeto y usa escritura vectorial (EV) (identificando cada vector dibujado y coloca la flechita arriba a la variable vectorial) EM - Es formal al expresarse matemáticamente.	D1-Pr-D2 Realiza el enlace de un escenario dibujado a otro dibujado con la Pr. ¿y si yo inclino este plano? Y si la superficie no es plana	ROID Pr Pausa Aumenta la interacción con los estudiantes. Toda la representación es supervisada por el profe con la interacción,
Pr -D-EM Utiliza la pregunta crítica (Pr) enlazando dibujo y expresión matemática ¿cómo expresamos esto matemáticamente?	Pr-GA-D Utiliza la pregunta crítica enlazando dos dibujos y gestualidad . La pregunta que no espera respuesta (Pr) para hacerlos pensar y dirigir el orden de la explicación al siguiente escenario (¿qué tal si la superficie no tiene <u>esta</u> forma, no es plana?) u otro dibujo de la secuencia (¿qué sucede si yo agarro e inclino <u>este</u> plano?)	Dibujo – EM Los elementos sobre el dibujo, tienen nombre y se distinguen si son vectores. Acompaña el dibujo de EM particulares en la parte inferior D06, D17	DS-G-DS Realiza el enlace del dibujo con otro dibujo del mismo escenario, a través del gesto GA Realiza el enlace de escenarios distintos dibujados (dos pizarras) con GA	En la representación del cubo e el aula, cambia aumenta la intensidad de su ritmo, aumenta la duración de los gestos, agrega desplazamiento y drama al preguntar y quedarse estático en el gesto esperando respuesta
		EM-D_GA Realiza el enlace de la ecuación matemática con el dibujo, a través del gesto GA	D-EM Luego de dibujar el escenario y presentar las variables de análisis, presenta la ecuación matemática D06	R-D-G Para la esfera dibujada con la carga. Se soporta en el dibujo para la representación. Mímica sobre el dibujo

Fuente: Elaboración propia

8.3 Montse y el flujo eléctrico.

En este apartado se presenta la explicación de Montse sobre el tema de flujo eléctrico, con una duración aproximada de diecisiete minutos, episodios D01_M al D17_M, y segmentos de la ley de gauss, episodios D21_M a D26_M, el dipolo D27_M a D30_M, conformada en total por una secuencia de cinco historias, que según el objetivo conceptual se pueden clasificar de la siguiente forma:

- La introducción al concepto de flujo:
 1. La apertura de la unidad “ley de Gauss” y la introducción al concepto de flujo. Con la representación de un río, episodios D01_M, D04_M (tabla 8.17)
 2. La medición del flujo utilizando la representación imaginaria, de un aro que introduce en dos ríos; construyendo el concepto de flujo de fluidos y luego realiza el enlace a flujo eléctrico, episodios D05_M, D09_M. (tablas 8.18 y 8.19)
- El flujo eléctrico y su definición como la integral del producto escalar campo y área:
 3. Sistema Plano + LCE en una región con campo uniforme. La primera definición del flujo eléctrico cualitativo, como número de líneas que atraviesan la superficie, episodios D10_M, D11_M. (tabla 8.20)
 4. El concepto del diferencial de área, y la definición como la integral del producto escalar campo y área, episodios D12_M, D13_M. (tabla 8.21)
 5. El plano inclinado, formando un ángulo respecto al campo eléctrico. Se construye las entidades, vector área y ángulo que forma con el campo. Realiza el enlace gráfico y representacional con las variables de la expresión matemática de flujo eléctrico, episodios D14_M, D15_M. (tabla 8.22)
- El flujo eléctrico en superficie no plana
 6. La superficie no plana y el vector área, episodios D16_M, D17_M. (tabla 8.23)
- La ley de Gauss, Superficie gausseana, el dipolo y flujo a través de una esfera con una carga puntual en su centro.
 7. Superficie Gausseana, D18_M, D20_M (tabla 8.24)

8. La ley de Gauss. el flujo a través de una esfera con una carga puntual en su centro episodios D21_M a D26_M, (tabla 8.25 y 8.26)
9. El dipolo. La superficie no plana y el vector área, episodios D27_M a D30_M, (tabla 8.27)

A continuación, se analiza cómo Montse construye su historia para dar significado al concepto de flujo eléctrico, y de segmentos de la ley de Gauss. Las secciones están ordenadas siguiendo el orden de las explicaciones de Montse y de acuerdo a las partes arriba identificadas.

8.3.1 Montse, la introducción al concepto de flujo y la representación de un río.

Montse, después de una pausa se encuentra que sus estudiantes muy cansados, y al anunciarles el próximo tema, protestan y no quieren seguir con nuevas explicaciones, y la profesora ha de dedicar parte de la clase a preparar y calmar su audiencia desde un punto de vista emocional y recurre a la metáfora del río para empezar a introducir el flujo eléctrico.

La tabla 8.17 muestra la explicación en cuatro filas. En la primera fila, con el episodio D01_M, inicia con Montse *anunciando un próximo tema e interacción con los estudiantes* que se niegan a que la clase continúe.

Montse: “entonces **nos preparamos para la ley de Gauss**”

Estudiantes: “**NOoo!!**”

Montse: “**tenemos que seguir, aquí aguantamos**”, con la mano cerrada en alto, “**¡vamos a animarnos un poco y seguimos, con ánimo!**” Montse *interactúa con los estudiantes y los prepara emocionalmente para la clase que seguirá*, al mismo tiempo integra todo el grupo, es decir *crea comunión con el auditorio*.

Montse: “**tranquilos, que la ley de Gauss es bien chévere**” ... “**y cuando hablamos de ley de Gauss tenemos que hablar de flujo**”.

En el párrafo anterior, la intervención de Montse tiene la función de *preparación de la audiencia*. Montse está consciente que tiene una audiencia un poco cansada y que necesita “activarla” para lograr construir el nuevo tema, algo que se hace sentir cuando Montse al indicarles que la clase continua con un tema nuevo, ley de Gauss, se escucha a los estudiantes lamentándose diciendo: “**¡Nooo!**”. Entonces, Montse *prepara la audiencia con estrategia de*

anticipación de contenido anunciando lo que vendrá, y presentando a la ley de Gauss como algo que será bien interesante, o sea *preparación tipo por utilidad o importancia*. Igualmente, Montse *prepara a los estudiantes desde el punto de vista emocional*, cuando a través de su *gestualidad* levantando el puño, *da presencia a su discurso muy cercano a los estudiantes*, y que con su sonrisa les da ánimo, mientras les dice **“tranquilos, que la ley de Gauss es bien chévere”** (*comunidad con el auditorio*).

En la segunda fila, episodio D02_M, inicia el concepto que ha de construir, con una *pregunta que sirve para hacer pensar y dar inicio al tema*, la cual *refuerza con la entonación (gestualidad con la voz)*. Montse hace la pregunta palabra a palabra: - **“¿qué – es – un - flujo?, ¿qué idea les da?”**. Y a partir de allí comienza a trabajar con la imaginación de la audiencia y *recrea el escenario de un río* (escenario 1_M), buscando la *interacción con los estudiantes y haciendo uso del buen humor, la onomatopeya, la gestualidad y el uso de expresiones coloquiales de los jóvenes* que le dan cercanía con los estudiantes. (“Es esa onda, chamo”, “la ley de Gauss es bien chévere”), que puede interpretarse como *creación de comunidad con la audiencia* a la que la profesora se muestra muy cercana. Junto con este acercamiento queda claro que “la palabra flujo (como concepto cotidiano) evoca a un río”, y que sería una idea compartida (**Premisa inicial**).

Montse continúa construyendo la imagen del río: “Un río, ir de vacaciones a la orilla de un río. **El río siempre da una sensación de placidez**” (extiende los brazos), “un río, dígame el Cabriales” (premisa). Montse *prepara a la audiencia, anticipando las ideas y el estado de ánimo* que tienen los estudiantes, pero ella se va de la recreación calmada en el río y, de repente corta la imaginación placentera, colocando la imagen del río Cabriales que está un poco contaminado y no es para bañarse; y logra la reacción de los estudiantes: *todos ríen*, creando *comunidad con la audiencia*.

Y continúa recreando el río haciendo *uso de la onomatopeya y la gestualidad*, **“el sonido del río “rrrrrrrrrr” enfatizando con su cuerpo**, al encorvarse mover los brazos simulando las olas con sus brazos y expresar **“es aquella onda chamo”**, todo ello provoca las risas, Montse *ha conseguido preparar a su audiencia usando una metáfora alejada de un contexto de clase de física*. En esta parte Montse parte de unas vivencias y un conocimiento de los alumnos, que están familiarizados con el primer río que cita, lo que se interpreta como una parte de la **Premisa 1**, que se podría calificar de hecho: “Vivencia sobre vacaciones y relax en la orilla de un río tranquilo, todo y que tenga olas pero que serían tranquilas”.

En el episodio D02_M, Montse *crea una nueva realidad (escenario 1_M)*, recrea la imagen de un río y la de cada uno de los presentes, de vacaciones a la orilla del río. *Reviste de presencia al río*, lo hace imaginar, escuchar su sonido, hace ver sus ondas, mediante el movimiento del cuerpo y de sus manos, lo hace real y materializa. La acción de la gestualidad es realizar la mímica con el río. La *función de la metáfora y multimodalidad es preparar audiencia y compartir unas imágenes análogas al flujo eléctrico que se trabajarán de acuerdo a la idea de que la palabra flujo se asocia al flujo de un río.*

En la cuarta fila de la tabla, episodio D03_M, se observa nuevamente *la preparación de la audiencia para lo que vendrá*, pero a nivel emocional, que en este caso es una necesidad para la profesora que *busca esa disposición emocional de los estudiantes* para que la acompañen como grupo en la construcción de nuevos significados, lo que se entiende como preparación pero más en el sentido de *mantener la adhesión de la audiencia y creación de comunión*: “pero el río siempre da una sensación de calma, de tranquilidad... **¡de paaaz! ...**”, *recalca* la palabra **paz** abriendo los brazos y la boca, “**¡es muy sabroso!**” (pausa), hace real el río y la situación de relax, de vacaciones. Presentando así *el contexto de la metáfora*, un río tranquilo. *Da presencia a la representación del río*, y va preparando a los estudiantes para la recepción de la **tesis 1: “medir el flujo eléctrico es como medir el flujo del agua de un río”** (implícita), *que desea trabajar* cuando expresa: “y **mientras tanto nosotros estamos midiendo el flujo del río**”, como un contraste con estar solo de relax al lado del río. Traslada su discurso al propósito docente: “medir el flujo”.

En el episodio D04_M sigue con la analogía del río para hacer formalmente *la pregunta crítica* que ayuda a *preparar a la audiencia a pensar muy en concreto sobre el flujo en un río*, y se apoya en el escritorio esperando respuesta, “**¿Cómo se mide el flujo? (1) ¿cómo se mide si un río es más caudaloso que otro? (2)**”. Esta parte se considera una Metáfora, ya que del flujo eléctrico se ha alejado completamente de este flujo y ya se habla solo del flujo del río. De hecho, hay dos preguntas relacionadas (1) y (2).

En este segmento D01_M a D04_M, Montse sin perder de vista la hora de la clase que se acaba, ni el tema a explicar, construye mediante *la descripción detallada, la representación gestual, y la onomatopeya*, un *escenario donde todos están almorzando* a la orilla de un río (escenario 1_M); de esta forma *prepara a la audiencia* con su hacer, su hablar cotidiano y su sentido del humor, además de *crear comunión con los estudiantes*. Se *observa la interacción con los estudiantes* que comienzan a reír, a relajarse, con la *gestualidad narrativa* de Montse en representación del paseo; y a aceptar la explicación de este nuevo tema, cuando *estos responden las preguntas que hace* Montse para enlazar la representación del río, con el concepto de flujo.

La metáfora ha sido útil y ha ayudado a los alumnos a responder a como se mide el flujo, en este sentido se interpreta como un *argumento de metáfora* que ayuda a convencer a los estudiantes, mediante la premisa compartida que corresponde a un primer acercamiento al concepto de flujo: de un primer concepto de flujo: “El término **flujo nos evoca al flujo del agua de un río**”. Los alumnos en D04_M *interactúan con la profesora*, dando diferentes respuestas a la pregunta de Montse. Ella *toma de las respuestas que han dado los estudiantes, la idea principal, y la repite para confirmar*: “**medimos el flujo por la cantidad de agua que pasa**” (Tesis 2). Mostrando *también el recurso a la controversia* para implicar a los alumnos. Se da también una *repetición*, que es una *estrategia didáctica*, encontrada comúnmente en este tipo de clases.

Todo el fragmento de clase (D01-M a D04-M) se puede interpretar también como un *macro argumento de analogía, argumento por asociación que fundamenta la estructura de lo real*, que se inicia con *una metáfora* con la ayuda de *preguntas para hacer pensar* que orientan al tema que sigue, para aceptar a un primer nivel de la entidad flujo, la *tesis 1*, que corresponde a cómo medir el flujo eléctrico, por analogía al flujo de un río.

Tabla 8.17. Episodios [D01_M, D04_M], El río y la onomatopeya en la premisa flujo.

Introduce flujo presentando el escenario de un río	
Episodios [D01_M a D04_M].	
Descripción de la explicación	Recursos: Recreación del imaginario
Lleva dos horas y media de clase, sentada en el escritorio hace una pausa. Se levanta del escritorio, dándose masajes en el cuello	
[D01_M]12:31 Entonces nos preparamos para la ley de gauss (Estudiantes: “NOoo!!”) (la profesora se sonríe) - tenemos que seguir, aquí aguantamos (con la mano cerrada en alto) ¡vamos a animarnos un poco y seguimos, con ánimo! Tranquilos, que la ley de Gauss es bien chévere, ... cuando hablamos de ley de gauss tenemos que hablar de flujo	
[D02_M] entonces, mi pregunta es ¿qué-es -un -flujo? O que idea les da cuando hablan o cuando oyen la palabra flujo. Un río... ir de vacaciones a la orilla de un río, (risas) El río siempre da una sensación como de placidez (con los brazos al frente, los extiende a los lados) ¿no?... un río... dígame el Cabriales... (todos ríen)	(borra las dos pizarras mientras habla) Cuando nombra “Cabriales” los estudiantes se ríen ya que es el menos recomendado para un recuerdo agradable, es el río de la región, pero actualmente está muy contaminado...”) 
pero uno lo mira ...y rrrrrrr (simula el mov. del río, hace onomatopeya...y repite) (mece con las manos, los brazos al frente van de derecha a izquierda repetidamente y el cuerpo se encorva) es aquella onda chamo... (estudiantes ríen) perdonen que les diga así... (estudiantes se ríen)	
[D03_M] (el río).. siempre da una sensación de calma (el cuerpo se yergue, extiende los brazos) de tranquilidad...de paaaaaz! (enfatisa alargando la palabra, y abriendo los brazos y boca) es muy sabroso....(borra pizarra)....(pausa) (se dirige al frente)	
Entonces estamos hablando de flujo...nos imaginamos un río, sabroso... (mira la hora en el móvil) vamos a ver a qué hora almorzamos allí a la orilla del río (se extiende hacia atrás y alarga el brazo simulando “comodidad”) y mientras tanto nosotros estamos midiendo el flujo del río, ... D04 ¿Cómo se mide el flujo? (se sienta en el escritorio a esperar respuesta pausa) (estudiantes: “la cantidad de agua”, “por unidad de tiempo”) (...) .. medimos la cantidad de agua que pasa... ().. (pausa)	

Fuente: Elaboración propia

8.3.2 Montse y la medición del flujo en otro escenario imaginario.

Montse en el apartado anterior ha recreado el escenario de un río (escenario 1_M), donde se disponen a medir el flujo del río. Ahora, en los segmentos, descritos en las tablas 8.18 y 8.19, dar respuesta a la pregunta del segmento anterior “¿Cómo se mide si un río es más caudaloso que otro?”, hay intervención de los estudiantes dando como respuesta la variable “cantidad de agua”.,

En la primera fila de tabla 8.18, episodio D05_M, Montse inicia con una *pregunta para hacer pensar y preparar la audiencia para lo que va a seguir*: “¿cómo medimos la cantidad de agua que pasa?” y sigue “vamos a suponer que **tenemos una espirita así y allí vamos a medir la cantidad de agua que pasa**”, y con su *gestualidad dibuja una espira imaginaria*, para *hacerla real y materializarla* para los estudiantes.

“Y allí vamos a medir la cantidad de agua que pasa, entonces **ahí puedo saber si un río es más caudaloso que el otro**”, simula con el brazo que sostiene el aro imaginario, meterlo en el río. Luego repite nuevamente la acción de dibujar la espira e introducirla al río. Se observa que Montse se dedica a *crear la imagen de la espira en los estudiantes*, hace uso de las manos y la *gestualidad corporal para darle presencia*, dibujando en el aire un círculo como la espira y *haciendo la mímica* de introducirla en el río.

En la segunda fila de la tabla 8.18, Montse *continúa con su gestualidad narrativa*, usada para *recrear dos ríos, con dos espiras*: el río Amazonas por un lado y el río Cabriales por el otro: “**lo metemos en el Amazonas** (gesto de introducir la espira en el río a su izquierda y se queda con la mano fija) y **lo metemos en el Cabriales** (repite del otro lado y con la otra mano). Montse *representa ahora a dos ríos*, uno a cada lado de ella, *prepara a la audiencia con sus acciones de mímica*, metiendo y sacando las espiras, toda la audiencia puede *ver estas acciones con unas espiras cuasi materiales*. Busca la *comunidad de los estudiantes y su participación*, cuando pregunta “¿uhm?, si, ¿sabemos?” (categoría didáctica “¿qué piensas ahora?”) coloca ambas manos atrás en la espalda esperando y escuchando respuestas de los estudiantes. En esta parte (escenario 2_M) se plantea la **tesis 3**: “para saber si un río es más caudaloso que otro medimos la cantidad de agua que pasa por una misma espira circular”. Esta tesis parte de la misma *premisa* sobre la vivencia de los alumnos de los ríos, pero ahora con dos ríos, el segundo con mucha más corriente seguramente que el primero. La Montse espera que la respuesta salga de los propios alumnos. *Argumento por Ilustración Visual* (a partir de la mímica y el uso de unas espiras que hace la profesora que da realidad a lo que se comenta y gesticula.

En el episodio D06_M, dirige la *interacción de los estudiantes con el uso de la pregunta* y continúa la *representación mediante la medición*, con dos anillos idénticos "imaginarios" sumergidos en dos ríos. Al preguntar “¿qué más?, ¿que otro parámetro necesitamos?” introduce una nueva pregunta crítica, logrando la *interacción de los estudiantes*; y entre las respuestas los estudiantes nombran “el área”, y Montse enfatiza con su rostro, negando con los dos índices, “¡No!, ehh”, para corregir al agregar: “**estamos metiendo la misma espirita con la misma área**”, repite la *mímica de introducir los dos aros en los ríos*, y se queda estática con los brazos extendidos al frente como sosteniendo las dos espiras.

En los episodios D05_M y D06_M, la actuación de Montse tiene la *función de construir, hacer visible y darle realidad a un escenario* con dos ríos, dos espiras, y la acción metiendo las espiras (escenario 2_M). *Prepara a la audiencia* para la medida del flujo, *a través de la pregunta y señala ciertas respuestas para descartar otras*, negando con *mucha gestualidad* para llamar la atención de todos y *justificar luego*. Toda la acción es para convencer lo que han de mirar, y para *hacerlos interactuar* con el cuidado de dirigir las respuestas; tomar las válidas y, si no son válidas, *justificar* para descartar.

Los *estudiantes continúan interactuando* y dicen: “cantidad de agua”, “el tiempo”; y Montse retoma: “**el tiempo**”. En la interacción Montse *recoge una respuesta de los estudiantes como buena*, se puede interpretar esta parte también como *creación de comunión con el auditorio*, por la forma cómo pregunta y hace ver a todos lo mismo. De hecho, se está trabajando dentro de la misma analogía, *buscando las variables que intervienen* en el cálculo del flujo de agua, pero al hacerlo con *gestualidad* delante de todos los estudiantes, *todos lo ven y crea comunión* con el auditorio. En conjunto los dos episodios se interpretan formando un *argumento por la ilustración*, a través de una analogía que se muestra a través de gesticulación y el habla de la profesora que se apoya con sus preguntas críticas.

Tabla 8.18. Episodios [D05_M, D06_M], Un aro en los Ríos Amazonas y Orinoco

Montse: La representación de la medición del flujo en un río Episodios D05_M a D06_M. La representación del imaginario de los estudiantes.	
Descripción de la Explicación	Recursos: Un aro imaginario 
<p>[D05_M] ¿Cómo medimos la cantidad de agua que pasa?...</p> <p>Vamos a suponer que tenemos una espirita, así (<i>dibuja en el aire un círculo</i>) un rectangulito, un arito, lo que sea...</p> <p>y <u>allí</u> vamos a medir la cantidad de agua que pasa,</p> <p>entonces <u>ahí</u> puedo saber si un río es más caudaloso que el otro (<i>simula meter en un lado</i>) y medimos..y ...</p> <p>introducimos el arito (<i>dibuja en el aire un círculo y simula introducirlo allí</i>) y medimos de alguna manera la cantidad de agua que pasa por ahí</p>	  
<p>lo metemos en el Amazonas (<i>gesto de introducirlo a la izquierda</i>) y lo metemos en el Cabriales (<i>gesto de introducirlo a la derecha</i>)</p> <p>¿uhm? (repite...simula meter en un lado y en otro... si ¿sabemos? (<i>el cuerpo hacia delante y las manos atrás</i>)).</p>	
<p>[D06_M] Discuten el parámetro área</p> <p>¿qué más?... qué otro parámetro, ¿qué otra variable necesitamos?...</p> <p>(estudiantes: <u>el área</u>) ¡no!, ¡ehh! (<i>enfatisa con los ojos, la boca y las manos al frente</i>)</p> <p>estamos metiendo la misma espirita con la misma área. (<i>repite la mímica D05</i>)</p> <p>(estudiantes: “<u>cantidad de agua</u>”, otro dice “<u>el tiempo</u>”) el tiempo...</p>	 <p><i>dibuja la espira en el aire, simula introducir a la derecha, y luego introducir a la izquierda, luego se queda estática como sosteniendo las espiras... esperando respuesta</i></p>

Fuente: Elaboración propia

La historia continua en la tabla 8.19, episodios D07_M a D09_M, formada por tres filas. La primera fila inicia con el episodio D07_M, donde Montse toma la variable tiempo dada por uno

de los estudiantes, y repite la acción mímica del introducir la espira en el río y sacarla rápida del río, acompañada de la *onomatopeya* “¡Chapum!” y compararla con otra espira que deja por mayor tiempo, para destacar luego que no es válido: “y no me deja ninguna información” justificando con una condición del estudio científico de laboratorio: “para obtener información, **tenemos que hacerlo con los mismos parámetros y bajo las mismas condiciones**” (premisa), *afirmación de metodología general de investigación*, que sería una premisa de verdad, suponiendo que se ha trabajado en clases anteriores o de laboratorio, y que se relaciona a un contenido que no había salido hasta ahora. En este párrafo se observa primero *la comunión del auditorio* al tomar la respuesta del estudiante para desarrollar la explicación, y luego la *actuación, discurso y gestualidad*, tiene la función de recordar o reforzar el concepto de variable y de control de variables (*premisa de metodología científica*).

En la segunda fila de la tabla 8.19, D08_M, Montse trabaja con el concepto de flujo y la variable tiempo, de hecho, *se está construyendo la entidad flujo eléctrico*, pero colocando aquí la atención en el concepto de flujo a partir de cómo se mide. Y afirma: “**para medir el flujo necesitamos medirlo por unidad de tiempo**” (*tesis 3*) antes enunciada, y hace un giro en su escenario del río, para llevarlos al escenario del campo eléctrico, “cuando nosotros medimos el flujo de campo eléctrico que **es la materia de atención en este momento, eh**” (*prepara la audiencia a lo que seguirá*), y describe ahora utilizando *la entidad línea de campo*, para reforzar este nuevo escenario: *una región de campo eléctrico*, y mostrar las diferencias con la analogía del río cuando expresa, “**nosotros NO vamos a imaginar unas flechitas de campo eléctrico, o unas líneas de campo eléctrico que se están moviendo**” (premisa) y le *da presencia* con su *gestualidad* moviendo los brazos de izquierda a derecha con los dedos en punta. Y finaliza “**recuerden que estamos en electrostática, y en electrostática, todo el mundo está quieto**” (esta premisa es la misma anterior pero expresada de otra forma). *Justificando así porque el tiempo no es necesario (Tesis 4)* (al final de D08_M). O sea, para la medida del flujo eléctrico, el tiempo no interviene, destacando una diferencia con el flujo del río que si depende del tiempo (tesis 3). Se muestra una contradicción al afirmar: “**Sin embargo eh la definición de flujo la podemos aplicar al campo eléctrico** (flujo eléctrico)”, que prepara los siguientes episodios.

En la tercera fila, episodio D09_M, Montse *refuerza la entidad campo eléctrico electrostático, creado por cargas eléctricas que están quietas*, nada se mueve y lo relaciona con el flujo de fluidos, afirmando que a pesar de que esa idea de continuidad, la *metáfora con el flujo de líquidos* no se aplica exactamente aquí, *contradiendo* la tesis inicial (aunque también se puede interpretar como *argumento de disociación*), toda vez que se utiliza esa idea de flujo sólo como

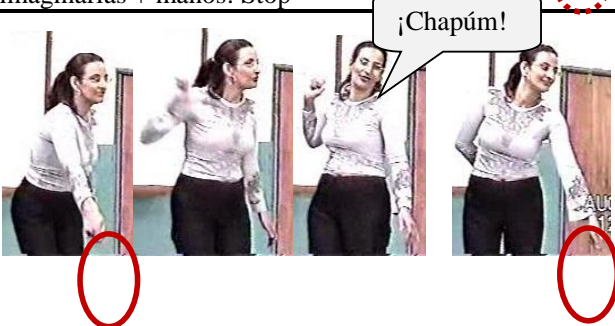




primera mirada para aplicarlo al campo eléctrico. Y así *prepara a la audiencia anticipando y destacando el tema al escribir en la pizarra* “Flujo eléctrico”.

En el episodio D08_M aparece una contradicción en la analogía, no es perfecta en relación a las variables: no hace falta el tiempo en electrostática para calcular el flujo (*tesis 4*). Para ubicar a los estudiantes en el tema que están estudiando que es electrostática, presenta una nueva tesis y recrea con los brazos un campo electrostático, para resaltar el hecho de ser constante el campo, que no varía en el tiempo y agrega que: - “es un campo que no varía, que está quieto”. Es una *premisa* que no se había introducido antes, por lo tanto, aquí es *tesis 4*, y Montse parece que a través de *mostrar diferencias con la analogía del río resalta esta característica del campo eléctrico*. Sigue en D09_M mostrando con esta premisa del campo eléctrico, que la *analogía del flujo eléctrico y flujo de agua* no es buena del todo. Pero para Montse su uso ha sido estratégico para *preparar a los estudiantes, y crear la comunión* que le servirá luego como *preparación de los alumnos* para enlazar conceptualmente al flujo eléctrico. Se interpretan esos fragmentos (D08_M y D09_M) como *una ruptura de la metáfora* entre flujo de agua y flujo eléctrico, lo que permite identificarlo como un *argumento cuasilógico de contradicción o de disociación*.

En resumen, estos segmentos [D05_M, D09_M] empezaron con una *pregunta crítica*, **¿cómo podemos medir el flujo?** que sirve de *preparación de la audiencia*, y al finalizar D09_M se da inicio a la respuesta cuando no obtiene respuesta rápida y entonces escribe el título en la pizarra “Flujo eléctrico”, *preparando a lo que vendrá*, e indica que el flujo lo calcularan de la forma que se presentará a continuación, haciendo la conexión a un nuevo tema, y a la expresión formal de la medida del flujo eléctrico, o sea, *una preparación de la audiencia* en los siguientes episodios D10_M, D11_M.

Todo este segmento los episodios D05_M a D09_M, se puede interpretar como un *argumento de disociación o bien como un argumento cuasilógico de contradicción*, pero mostrando que señalar estas diferencias *refuerzan las premisas* (líneas de campo, campo, carga), que le servirán para *construir la entidad flujo eléctrico* a partir de su medida, aparte que le sirve de apertura para hacer la conexión a un nuevo tema, y a la expresión flujo eléctrico, o sea *una preparación de la audiencia* para el flujo eléctrico a partir de *su medida* en los siguientes episodios D10_M, D11_M.

Tabla 8.19. Episodios [D07_M, D09_M] El tiempo en el flujo eléctrico.

Montse: El tiempo en el concepto de flujo. La representación del imaginario de los estudiantes. Episodios D07_M a D09_M.	
Descripción de la Explicación	Recursos: Onomatopeya + Un aro imaginario + flechas imaginarias + manos: Stop
<p>[D07_M] el tiempo, porque yo puedo meter en el Amazonas...</p> <p>y lo meto así ¡chapúm! (simula meter y sacar rápido a la izquierda) y lo saco y yo voy al Cabriales (igual a la derecha quedándose en la posición) y lo dejo un año completo</p> <p>...y no me da ninguna información...porque tenemos que hacerlo con los mismos (con las manos al frente sube y baja los brazos mientras habla) parámetros en las mismas condiciones...es decir en la misma unidad de tiempo, ¿okey?</p>	 
<p>[D08_M] entonces para medir el flujo necesitamos medirlo por unidad de tiempo... cuando nosotros medimos el flujo de campo eléctrico que es la materia de atención en este momento, ehhhh!</p> <p>nosotros no vamos a imaginar unas flechitas de campo eléctrico, o unas líneas de campo eléctrico que se están moviendo (mueve los brazos de izq. a derecha, con los dedos en puntas)</p> <p><u>recuerden que estamos en electrostática...y en electrostática todo el mundo está quieto,</u></p>	
<p>[D09_M] ..entonces todas las cargas ... que crean el campo eléctrico están quietas ...el campo eléctrico que existe en una región del espacio (extendiendo sus manos desde el pecho hacia fuera, con las palmas al frente de los estudiantes dibuja en el aire un plano) es un campo eléctrico que no varía, que está quieto,</p> <p>(gestualiza: <i>stop</i>) que no varía, no se traslada...entonces esa idea del flujo...de continuidad ... no se aplica exactamente...para medir el flujo de campo eléctrico...Sin embargo ehh la definición de flujo la podemos aplicar al campo eléctrico ...(escribe en la pizarra "<i>Flujo eléctrico</i>") y la calculamos de la siguiente manera</p>	 <div> <p>(brazo izquierdo doblado a un lado con la mano extendida - stop)</p>  <p>El campo está quieto</p> </div>

Fuente: Elaboración propia

Montse, en los episodios D05_M a D09_M, haciendo uso de *estrategias multimodales*, donde predomina la *narrativa*, tanto en su explicación verbal, que los lleva a ubicarse a la orilla de un río, y como con la gestualidad que la acompaña, persigue: a) hacer una ruptura del tema anterior para dar inicio a un tema diferente (*preparación de la audiencia para lo que vendrá*), b) igualmente hacer una pausa, ya no están en cálculos matemáticos y resolución de problemas, sino almorzando a la orilla de un río (*preparación emocional de la audiencia, categoría vamos juntos*) ya que ella nota que los estudiantes están agotados, c) mantener la adhesión de los estudiantes (*preparación de la audiencia y comunión con el auditorio*), al preguntar (*interacción con los estudiantes*) y hacer acciones con mímica que atraen su atención), y d) introducir la ley de Gauss (*nueva entidad*) iniciando con el concepto de flujo de fluidos, diferenciarlo en electrostática donde “todo está quieto” para llegar a escribir en la pizarra “flujo eléctrico” que coincidirá en su primera definición descriptiva con el flujo de líquidos (*preparación de la audiencia para introducir el flujo eléctrico*) pero ya anunciando que se verá cómo se calcula el flujo eléctrico (*preparación de la audiencia para lo que vendrá*).

8.3.3 El sistema plano y el primer concepto de flujo eléctrico.

Montse ha usado los primeros episodios para *preparar a la audiencia*, e introducir el concepto de flujo de fluidos, con la intención de llegar al flujo de campo eléctrico en electrostática. Se dispone ahora a presentar la ecuación de flujo, soportada en el sistema básico del plano, en este caso una espira, en los episodios D10_M al D11_M, que se observan en la tabla 8.20 de cuatro filas. *El escenario está dibujado en la pizarra una espira cuadrada, un campo eléctrico representado con líneas de campo, y se soporta además en otros recursos como un folio, o su mano como el plano de la espira, y sus dedos las líneas de campo* (Escenario 3_M_superficie plana y campo uniforme).

En la primera fila de la tabla 8.20, episodio D10_M, Montse ya ha copiado el título en la pizarra “Flujo eléctrico” y comienza a *dibujar el nuevo escenario con el sistema plano* y líneas de campo, a la vez que lo describe “si yo tengo un campo eléctrico en el espacio, **estas son líneas de campo eléctrico**, y yo tomo una espira...y la coloco de manera de... **contar la cantidad de líneas que atraviesan esa espira...** esa espira la tengo yo aquí”. Montse *dibuja y materializa el*

plano a través del dibujo, y le da realidad al utilizar un folio que coloca sobre el dibujo de la pizarra sustituyendo en el plano dibujado, “si yo mido la cantidad de campo eléctrico que atraviesa esta área”. Igualmente *materializa a las líneas de campo con el dibujo y con los dedos de la otra mano colocados apuntando al folio* que sostiene sobre el dibujo de la espira en la pizarra, para *resaltar la visión espacial, y la perpendicularidad respecto al plano*, de las líneas de campo.


En D10_M Montse *construye el escenario a través del dibujo (escenario 3_M)*, y *usa la repetición multimodal para darle una presencia de mayor orden*, utilizando la representación con objetos acompañada de la gestualidad *con la función de hacer ver las líneas de campo y la superficie del plano de forma tridimensional*. Introduce a la *tesis descriptiva* del concepto cualitativo de flujo relacionada con “**contar la cantidad de líneas que atraviesan esa espira**” (*tesis 5*).

En la segunda fila de la tabla 8.20, Montse *define flujo de campo eléctrico*, como **la cantidad de campo eléctrico que atraviesa el área de la espira** (*tesis 5*), y *repite el sistema usando esta vez su mano izquierda de canto sobre la pizarra, como el plano, y su mano derecha con los dedos apuntando como las líneas de campo*. Esta representación gestual, junto con su discurso, sirve para darle presencia al cálculo cualitativo del flujo.

En la tercera fila de la tabla 8.20, episodio D11_M, *recuerda y refuerza el significado de la entidad densidad de líneas de campo eléctrico (premisa)*, dadas en una clase anterior con las propiedades de las líneas de campo, *preparación de la audiencia con introducción de un concepto*, a **mayor número** de líneas se tiene **mayor** valor del campo que, con la tesis descriptiva inicial, lo relaciona con el valor del flujo. Para ello se apoya nuevamente en la *gestualidad*, con sus dedos para indicar **mayor densidad**, (uniendo los dedos en punta sobre la palma), o **menor densidad** de líneas por unidad de área (extiende y separa los dedos), Montse ha hablado de otra *entidad densidad de líneas de campo* que recuerda de clases anteriores (*preparación audiencia por recuerdo*). Como argumento permite otra interpretación, como un *argumento de doble jerarquía*, basado en la estructura de lo real, que incluye una serie jerárquica de partida aceptada (serie: número de líneas de campo que atraviesan la superficie) que se relaciona a través de una *proporcionalidad directa* con la segunda serie (valor del flujo) o *tesis 3* que se pretende justificar (el flujo aumenta en valor a medida que aumenta el número de líneas de fuerza que atraviesan la superficie). La *doble jerarquía* no es explícita del todo, pero se puede sobreentender. En este caso, introduce un nuevo término o **entidad**: *densidad de líneas de fuerza*, que equivale a una medida de número de líneas por unidad de superficie, ya

conocida por los alumnos (*premisa de verdad*), y distingue entre *campo fuerte* y *campo débil* por la densidad de líneas que atraviesan la unidad de superficie.

Tabla 8.20. Flujo a través del plano de una espira. Episodios (D10_M, D11M).

Montse: flujo Eléctrico a través del área de una espira inmersa en un campo Episodios D10_M a D11_M. La representación con objetos sobre la pizarra.	
Descripción de la Explicación	Representación con objetos en la pizarra. Dibujo + folio: la espira + dedos en punta: líneas de campo
<p>[D10_M] 12:38 si yo tengo un campo eléctrico en el espacio, (<i>dibuja</i>) estas son líneas de campo eléctrico, y yo tomo una espira...y la coloco de manera de... contar la cantidad de líneas que atraviesan esa espira... esa espira la tengo yo aquí (<i>coloca un folio en la pizarra sobre el dibujo</i>) ...entonces...</p>	 <p><i>Pizarra: dibuja una espira rectangular y líneas de campo uniforme.</i></p>
<p>si yo mido la cantidad de campo eléctrico que atraviesa esta área (<i>representa con la mano abierta</i>), entonces yo estoy obteniendo automáticamente el flujo de campo eléctrico a través de esta área. (<i>coloca la mano perpendicular a la pizarra y repite con la mano simula líneas que atraviesan el plano de la figura</i>) ¿por qué?..</p>	
<p>[D11_M] porque en las líneas de campo eléctrico ehhh, la densidad de líneas de campo eléctrico es directamente proporcional a la magnitud del campo eléctrico...</p> <p>si yo tengo muchas líneas de campo eléctrico (<i>gesticula con los dedos unidos</i>) entonces yo tengo un campo fuerte</p> <p>y si tengo pocas líneas (<i>dedos abiertos</i>) sé que tengo un campo eléctrico débil,</p>	<p>Muchas líneas campo fuerte, pocas, campo débil</p> 
<p>entonces (<i>va a la pizarra</i>) ... entonces, las líneas de campo eléctrico atravesando esto me dan ...el flujo de campo eléctrico a través de esta superficie (<i>copia "ϕ_E"</i>)</p> <p>¿cómo calculamos el flujo? (<i>gesto de pregunta, hombros encogidos manos al frente y rostro enfatizado</i>) ... contando líneas de campo eléctrico es muy difícil</p>	

Fuente: Elaboración propia

Luego en la cuarta fila, retoma la pizarra “**las líneas de campo eléctrico atravesando esto me dan ...el flujo de campo eléctrico a través de esta superficie**” (*tesis 5*), le *da presencia* al flujo eléctrico al presentar su *nomenclatura*, copiando en la pizarra “ Φ_E ”, y continúa realizando una *pregunta crítica para hacer pensar*, buscando la *interacción*: “**¿cómo calculamos el flujo?, contando las líneas de campo es muy difícil**”. Así termina este episodio D11_M, con *interacción con los estudiantes y comunión con el auditorio*, y *preparación de la audiencia al tema que vendrá*.

En este segmento [D10_M y D11_M] Montse: a) crea el escenario plano con líneas de campo eléctrico que lo atraviesan (escenario 3_M), b) introduce el concepto cualitativo de flujo como el número de líneas de campo eléctrico que atraviesan la superficie (*tesis 5*), c) justifica basada en el concepto de densidad de líneas de campo (*premisa*), con el argumento de doble jerarquía por proporcionalidad, a mayor número de líneas mayor campo e implícitamente mayor flujo, d) prepara a la audiencia a lo que vendrá anunciando que es *muy difícil* hacer el cálculo con esta definición cualitativa, creando la necesidad de una expresión matemática, e) provoca controversia para fomentar participación, recordando la pregunta crítica de segmentos anteriores “¿cómo medimos el flujo? ¿cómo se calcula el flujo?”

8.3.4 El diferencial de área y la expresión matemática del flujo eléctrico.




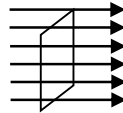

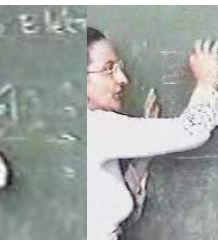
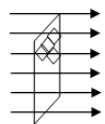
En la tabla 8.21 se muestra en tres filas la explicación de Montse para presentar la ecuación integral de flujo y la variable diferencial de área; utilizando como recurso la representación sobre el dibujo de la pizarra, bien sea con objetos o con los gestos.

En la primera fila de la tabla 8.21, episodio D12_M, Montse: “si nosotros, esta área que está aquí, **la dividimos en pedazos, en diferenciales de áreas cada vez más pequeños.... de manera que cada diferencial de área atraviere una línea**”. Montse en esta intervención, presenta una *estrategia didáctica para calcular el flujo a través de la superficie*, que consiste en *dividir el plano* en pequeños fragmentos que llama “**diferenciales de área**”, introduciendo esta *nueva entidad con su dibujo*.

Y luego, con la mano arriba, levantando el índice, “solamente una línea de campo eléctrico... entonces, **nosotros podemos sumar todas esas...** (*se soporta en el folio*) **líneas multiplicadas por el diferencial de área y obtenemos el flujo total**”. Ella refuerza esta explicación con la *representación de la superficie usando un folio, dibuja sobre este papel, pequeños rectángulos imaginarios que representan los diferenciales de áreas* y condiciona que **por cada uno pasa sólo una línea de campo eléctrico**, (*enfatisa con el dedo*) que puede interpretarse como *premisa de verdad, para guiarlos hasta la expresión matemática de la integral*. Se trata de guiar a los estudiantes hacia la comprensión de la *formalización matemática de la entidad flujo*. Así prepara a la audiencia anticipando la expresión de la integral, que escribe en la pizarra, a la que da presencia.

En la segunda fila, episodio D13_M, ya realiza el proceso de formalización matemática del flujo. Montse describe el proceso para obtener el flujo, “**lo que estamos haciendo es una suma del campo de todas las líneas de campo eléctrico por el diferencial de área**”, escribe la ecuación del flujo con la integral del producto escalar entre $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$ campo y área (*tesis 6*), señalando el diferencial de área. Es decir, Montse presenta el concepto matemático de flujo eléctrico como la integral, y presenta a la entidad diferencial de área, definiéndola como un vector, al usar la nomenclatura vectorial al escribir “**dA con flechita arriba**” y le da así presencia, además de señalarlo en la ecuación. Los estudiantes pueden que conozcan el concepto del diferencial de área por otras clases anteriores de integrales dobles, y ahora se los presentan de forma vectorial, o sea que se podría interpretar como una *tesis o premisa en construcción*. Montse representa la estrategia de cálculo dibujando sobre la pizarra y la enfatisa con sus gestos mientras lo describe “**donde el diferencial de área...**” - dibuja un cuadrado centrado – “**que está aquí**” - señala el cuadrado en la figura- “**por el cual va a pasar una y solo una de esas líneas... sumamos todas**”, envuelve la figura, cerrando y abriendo las manos. Este fragmento se interpreta como un *argumento cuasi lógico matemático de adición* por la propia conceptualización de la integral (suma de todas las LCE multiplicadas por el diferencial de área, ya que se ha aceptado que por cada dA pasa una sola línea de campo eléctrico). En la tercera fila dibuja más detalles sobre la pizarra, para describir el diferencial de área, *revistiendo de presencia esta nueva entidad, dibuja pequeños cuadros en el plano de la espira*: “**La que va por aquí ...con la de aquí con la de aquí...todas**” refiriéndose a cada línea de campo, envuelve la figura con la mano en movimiento circular, “**y obtenemos una integral**” y refuerza el concepto del flujo como integral (*Tesis 6*), dando presencia al concepto matemático del flujo, destacando con un recuadro a la ecuación de la pizarra.

Tabla 8.21. La expresión matemática de flujo eléctrico. Episodios (D12_M, D13M).

Montse: El diferencial de área en el flujo eléctrico Episodios D12_M a D13_M. La representación sobre la pizarra.	
Descripción de la Explicación	Recursos: pizarra: escenario de líneas de campo// Folio: La espira //Gestualidad “uno”//dibuja “diferenciales de área”
<p>[D12_M] pero si nosotros esta área que está aquí la dividimos en pedazos, en áreas...</p> <p>diferenciales de áreas cada vez más pequeños.... de manera que cada diferencial de área atraviese una línea,</p> <p>solamente una línea de campo eléctrico (con la mano, señal levantando sólo el índice)</p> <p>entonces, nosotros podemos sumar todas esas... (se soporta en el folio) líneas multiplicadas por el diferencial de área y obtenemos el flujo total...</p>	<p>(dibuja cuadritos, usa el folio y simula dibujar cuadritos sobre él, gesto “uno”).</p>   
<p>[D13_M] es decir, y como el número de líneas es <u>proporcional al campo eléctrico</u>, realmente lo que nosotros tenemos es... una ehhhh una suma (escribe la expresión) de “E”, de todas las líneas de campo eléctrico por el diferencial de área (lo señala en la ecuación).</p> <p>donde el diferencial de área...es. el diferencial de esta área (dibuja un cuadrito centrado) que está aquí (señala el cuadrito en la figura) por el cual va a pasar una y solo una de esas líneas... sumamos todas (envuelve la figura, cerrando y abriendo las manos)</p> <p>La que va por aquí (dibuja cuadritos en el plano a medida que habla) con la de aquí con la de aquí...todas (envuelve la figura con la mano en movimiento circular) ...y obtenemos una integral ...la densidad de líneas de campo eléctrico es proporcional al campo eléctrico ... esta es la definición (remarca en un cuadro la ecuación)</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p>Flujo Eléctrico $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$</p>  </div>   <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p>Flujo Eléctrico $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$</p>  </div>

Fuente: Elaboración propia

Montse en este segmento D12_M y D13_M, introduce la *entidad diferencial de área*, y condiciona que por cada diferencial de área sólo habrá una línea de campo, (premisa estratégica) para construir la tesis de flujo como la expresión matemática de la integral (*tesis 6*). Utiliza para el convencimiento de los estudiantes, el argumento multimodal cuasi lógico por adición que se soporta al concepto genérico de la *integral*, pero que aquí tiene la ayuda de la representación gráfica que va haciendo de los pequeños fragmentos de área con los vectores perpendiculares (diferenciales de área), y la suma de todos los productos de los diferenciales de área por el vector campo eléctrico (igual en todos los puntos) justifica la fórmula del flujo como una integral.

8.3.5 El sistema plano inclinado y el comportamiento del producto escalar.

En la tabla 8.22, episodios D14_M y D15_M, con cuatro filas, Montse se dedica a construir el vector diferencial de área y el ángulo teta que forma este con el campo eléctrico. Para ello, utiliza la representación con objeto sobre la pizarra, intercalado con el dibujo, para revestir de *presencia de segundo orden* al sistema del plano inclinado. coloca el folio-plano de la espira sobre el dibujo de la pizarra y lo inclina, para crear significados para el producto escalar entre el campo y el diferencial de área, donde agrega elementos al dibujo inicial. Además, anticipa el dibujo en secuencia, con ayuda del folio para representar una vista de perfil del dibujo inicial.

En la primera fila de la tabla 8.22, episodio D14_M, sigue elaborando la entidad vector área que define como perpendicular al plano como *premisa de verdad* de la física (*premisa*) y *materializa la direccionalidad del vector área a través del dibujo y la representación con objeto*. Para ello utiliza como *estrategia didáctica el folio*, que coloca inicialmente vertical de canto o transversal a la pizarra, y recrea la inclinación del plano dibujado en la pizarra, inclinando el folio mientras dice “y si no lo coloco perpendicular, sino que lo coloco un poco así...que la normal forme un ángulo con el campo eléctrico”. Montse *acompaña la gestualidad con el índice apuntando perpendicular al folio*, para simular la dirección “normal” haciendo referencia del vector área (*tesis 7*). Da presencia al vector superficie.





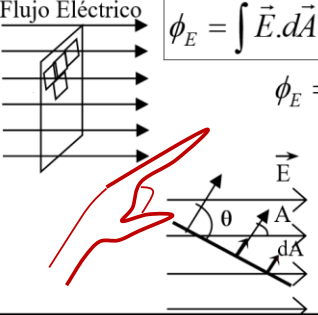
En la segunda fila de la tabla 8.22, siguiendo en D14_M, la profesora *da presencia al plano inclinado de perfil*, pasando: del folio en la pizarra al dibujo en 2D, con la vista de perfil del plano: “**vamos a pintarlo aquí un momento, si nosotros lo pintamos así**”, en la parte inferior de la pizarra dibuja líneas horizontales que representan a las líneas de campo y coloca el folio sobre esta nueva figura, “**y el vector así**”, señala usando el folio sobre el dibujo y una vez recreado, dibuja en la pizarra una línea diagonal que representa al plano de perfil, “**entonces nosotros vamos a tener un vector perpendicular a él y este vector lo vamos a llamar vector diferencial de área**” (*tesis 7*) y dibuja un vector perpendicular a este plano y repite el gesto con el dedo índice señalando la dirección del vector, y coloca nombre al vector, **dA**. De esta manera *hace ver* los diferenciales de área siempre como vectores perpendiculares a la superficie, y sigue: “**cuando yo lo tengo aquí formando un ángulo teta**”, manteniendo el folio sobre el dibujo e inclinando el plano, cambia el ángulo, escribe el ángulo teta en el dibujo, le da presencia al ángulo, y afirma: “entonces voy a tener que **lo atraviesan menos cantidad de líneas de campo eléctrico**”.

Montse mantiene el folio en la pizarra, y apoyándose en la *premisa inicial del flujo como número de líneas de campo que atraviesan el área* (*tesis 5*), constata que, al *inclinarse el plano, disminuye el número de líneas que atraviesan la superficie* (lo va dibujando y señalando) y así *hace creíble la fórmula con el coseno*. La fórmula queda justificada por un *argumento de ilustración* que es *multimodal y muy visual* que incluye una *comparación* entre número de líneas de fuerza para diferentes inclinaciones de la superficie respecto a las líneas de campo eléctrico, lo podemos considerar *argumento cuasilógico de comparación*.

En la tercera fila, episodio D15_M, expresa “**por eso es que sale este producto escalar**”, para cerrar verbal y matemáticamente lo que ha explicado hasta ahora, y escribe la expresión general del flujo como la integral del producto del vector campo, vector área y el coseno del ángulo teta entre estos. Montse ahora, usando la misma estrategia del folio sobre el dibujo del plano inclinado, *pretende mostrar cómo puede variar el flujo según varíe el ángulo*, “cuando teta es cero (coloca el folio vertical) obtenemos **e** por **da**, cuando teta no es cero ... (coloca el folio inclinado), entonces usamos esta expresión, escribe: $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$ ” (*Tesis 6*).

En este episodio Montse *va jugando con el folio y el dibujo en la pizarra*, al mismo tiempo para *ir calculando el flujo en dos posiciones del plano*. Estrategia didáctica muy interesante para *dar sentido a la fórmula* desde lo más concreto.

Tabla 8.22. Episodio [D14_M D15_M]. Producto escalar de la expresión “flujo”.

Montse: El diferencial de área y el ángulo con las líneas de campo en el flujo Episodios D14_M a D15_M. La representación con objetos sobre la pizarra.	
Descripción de la Explicación	Recursos: pizarra: escenario de líneas de campo// el folio (vertical, inclinado) //Gesto apuntador// Escritura matemática
<p>[D14_M] Si el área de sección transversal ... y si no lo coloco perpendicular, sino que lo coloco un poquito así (inclina el papel) de manera que la normal (señala con el índice apuntando hacia el papel) a él, forme un ángulo con el campo eléctrico...</p> 	<p>toma el papel, lo coloca sobre el dibujo en la pizarra. Primero vertical o perpendicular a las líneas dibujadas. Luego lo inclina</p>
<p>...vamos a pintarlo aquí un momento, si nosotros lo pintamos así (coloca el papel sobre la figura) y el vector así (señala usando el folio sobre el dibujo y luego dibuja en la pizarra el plano de perfil) ... ¿okey?</p> <p>entonces nosotros vamos a tener un vector perpendicular a él y este vector lo vamos a llamar vector diferencial de área, (dibuja el vector área con perpendicularidad al folio)</p> 	<p>... cuando yo lo tengo aquí. formando un ángulo teta, entonces voy a tener que lo atraviesan menor cantidad de líneas de campo eléctrico...</p> <p>(coloca la mano en punta desde su cuerpo hacia el papel, simulando las líneas) (para cada parte del dibujo, se detiene para simularla sobre el papel y luego escribe en el pizarrón las variables)</p> 
<p>[D15_M] entonces el flujo lo vamos a tener como “E” por “dA” por el coseno... ¿okey? por eso es que sale este producto escalar.</p> 	<div data-bbox="746 1393 1295 1751"> <p>Flujo Eléctrico</p> $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \cdot A$ $\phi_E = \int E \cdot dA \cdot \cos\theta$  </div> <p>cuando teta es igual a cero (repite con el folio en vertical) obtenemos “E por A” (escribe). Cuando teta no es igual a cero (coloca de nuevo el folio inclinado), entonces usamos esta expresión, la integral de esto, el flujo total a través de esto ... ¿okey? (señala y coloca el símbolo de la integral)</p>

Fuente: Elaboración propia

En este episodio D14_M Montse sigue trabajando con el dibujo en la pizarra y el folio para *construir la entidad del vector diferencial de área* e ir avanzando hacia la *expresión matemática del flujo como producto escalar (tesis 6)*, usando el *argumento de la ilustración*. Sigue este orden: a) presenta al diferencial de área, como un vector perpendicular al plano de la espira que hace *visible* con la *gestualidad* sobre el folio, y lo *materializa al dibujarlo y colocarle su nombre y tipo vectorial, (tesis 7)*, usando la nomenclatura de la física, b) luego presenta la entidad “ángulo teta” que forman las líneas de campo con el diferencial de área anticipándolo verbalmente y luego lo dibuja para *materializarlo*, c) para *construir la expresión matemática del flujo (tesis 8)*, $\phi_E = \int E \cdot dA \cos\theta$, se apoya en la premisa inicial del flujo como número de líneas de campo que atraviesan el área, y al inclinar el plano y constatar gráficamente que disminuye el número de líneas, hace creíble la fórmula con el coseno. La ilustración es multimodal y muy visual, e incluye un *argumento visual cuasilógico matemático* comparando entre diferentes inclinaciones de la superficie respecto a las líneas de campo eléctrico que hace la formulación matemática convincente.

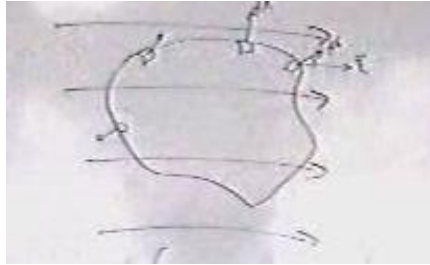
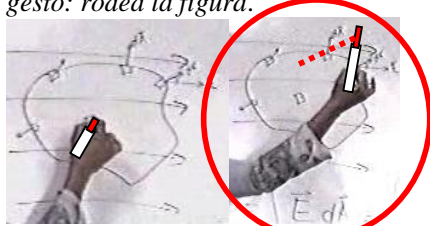
En resumen, Montse va dando presencia a los conceptos y a la expresión matemática. Utiliza el dibujo y la escritura matemática en la pizarra, acompañada de la representación con objetos y la gestualidad. Describe el sistema dibujado en la pizarra, y va recreando con el folio sobre el dibujo de la pizarra y la gestualidad, los vectores área, campo y ángulo; para luego dibujarlos, y continúa su explicación colocando el folio en la pizarra para describir, relacionar y diferenciar vector área, la línea de campo eléctrico y el ángulo que forman, para darle sentido a la expresión matemática.

8.3.6 Superficie no plana y el vector área.

Montse, en los episodios D16 y D17_M, tabla 8.23 presenta un nuevo escenario: una superficie no plana, amorfa (*escenario 4_M*), con la finalidad de seguir construyendo significado a la integral del flujo, al vector área y al ángulo teta, analizando cuando cambia la orientación del vector área respecto al campo. Para ello, se soporta en el detalle sobre la superficie amorfa no plana, dibujando sobre diferentes zonas de la superficie, pequeños cuadros con sus “vectores áreas” correspondientes; adicionalmente se observa el uso del rotulador representando al vector

área. Todos estos recursos son aplicados para indicar cómo varía la direccionalidad del vector área.

Tabla 8.23. Episodios D16_M a D17_M: Vector área en una superficie abierta no plana

Montse: El diferencial de área en una superficie amorfa, no plana. Episodios D16_M a D17_M. La representación sobre la pizarra.	
Descripción de la Explicación	Recursos: pizarra: escenario de superficie no plana, y líneas de campo// rotulador: vector área //repetición: dibuja trocitos de área y su vector dA
<p>[D16_M] 12:43 (..) Fíjense que yo puedo tener una superficie de cualquier forma en ese campo eléctrico (dibuja líneas horizontales en la pizarra blanca) ...y una línea cerrada)</p> <p>(..) por aquí tenemos un vector diferencial de área, que es perpendicular a la superficie, y por aquí otro vector da perpendicular a la superficie y evaluamos el flujo de campo eléctrico a través de esa superficie,</p>	 <p>(dibuja: cuadritos y sobre cada uno un vector dA, dibuja ángulo entre dA y E)</p>
<p>[D17_M] 12:44 siempre vamos a tener que el flujo va a ser igual a la suma del producto de todos (gesto envolvente con la mano sobre la figura), los campos eléctricos por su diferencial de área o lo que es lo mismo a la integral (copia la ecuación) de E por da por el coseno del ángulo que forman (señala sobre la pizarra),</p> <p>El campo eléctrico va así (sigue dibujando cuadritos y vectores) y “dA” va así (levanta el rotulador indicando el vector que sale de la pizarra) y el flujo va así... O sea, la suma de todas esas contribuciones. entonces vamos a hablar del flujo total a través de una superficie...</p>	<p>gesto: rodea la figura.</p>  <p>gesto: con el rotulador toca y sale perpendicular al pizarrón</p>

Fuente: Elaboración propia

En la primera fila de la tabla 8.23, episodio D16_M, Montse mientras explica, va dibujando el vector repitiendo en varias zonas de la superficie. Introduce el nuevo escenario (escenario 4_M: Superficie no plana amorfa), “Fíjense que yo **puedo tener una superficie de cualquier forma en ese campo eléctrico**”, y presenta los elementos del dibujo: a) presenta de manera implícita al campo cuando lo dibuja y coloca la letra E , b) la superficie y c) al vector diferencial de área cuando habla mientras dibuja, “por aquí tenemos **un vector diferencial de área que es perpendicular a la superficie**”, dando presencia a la perpendicularidad cuando dibuja un cuadrado al área y de allí sale dibujado el vector y le coloca nombre y símbolo vectorial: $d\vec{A}$.

En la segunda fila, episodio D17_M, *recuerda la formulación del flujo*, “**siempre vamos a tener que el flujo va a ser igual a la suma del producto de todos los campos eléctricos por su diferencial de área o lo que es lo mismo, a la integral de E por dA por el coseno del ángulo que forman**” *copia la ecuación (tesis 8)* ahora extendida a superficies no planas, y añade el uso del rotulador junto con su gestualidad. A medida que explica, dibuja y presenta con gestos: a) “El **campo eléctrico va así**”, señala *recorriendo la línea de campo con el rotulador*, b) *dibuja cuadritos* mientras dice “**nos da un “dA”**” y gesticula con el rotulador saliendo de la pizarra, y *prepara la audiencia por anticipación a lo que vendrá*: “entonces vamos a hablar del flujo total a través de una superficie” para enlazar con el siguiente fragmento.

En este segmento D16_M y D17_M, Montse muestra: a) el comportamiento variable del vector área respecto al campo a través del dibujo, b), que en una superficie cualquiera no plana el vector diferencial **dA** puede formar diferentes orientaciones respecto al campo (*tesis 9*) que se justifica con *un argumento visual por ilustración*, que consiste en ir presentando los dibujos parciales de superficies y de **dA**; c) *construye significados* para la integral de flujo, y da *presencia a través del dibujo* de fragmentos pequeños de superficie con su correspondiente vector área que va sumando para mostrar el significado conceptual de la integral, para el flujo (*tesis 10*) representando un *argumento cuasi lógico matemático por adición*. para justificar esta tesis aplicada para una superficie no plana.

8.3.7 Superficie Gaussiana.

En los episodios D18_M a D20_M, tabla 8.24, a través de su discurso acompañado de la interacción entre las dos pizarras anteriores y su escritura descriptiva en la pizarra, Montse presenta las premisas superficie cerrada, superficie abierta y superficie gaussiana definida como una superficie cerrada.

En la primera fila de la tabla 8.24, episodio D18_M, Montse *prepara a la audiencia a lo que vendrá*, “**vamos a hablar del flujo total a través de superficies ...**”, para ello *construye la entidad superficie gaussiana* partiendo de la *utilidad en la construcción de la ley de Gauss* para darle *presencia*. “a nosotros **nos interesa para la ley de Gauss, superficies cerradas...** lo que llaman **superficie gaussiana**”, dibuja en la pizarra una línea vertical divisoria y *escribe el título*.

Luego hace una *pausa y continua con la definición*, “**una superficie gaussiana es una superficie cerrada que tiene ciertas características**” (*Tesis 11*) “La superficie gaussiana ... en primer lugar es **una superficie imaginaria que nosotros vamos a dibujar para eh... evaluar el flujo a través de esa superficie**, esa superficie tiene que ser cerrada” (completa *Tesis 11*).




En la segunda fila de la tabla 8.24, episodio D19_M, presenta las *premisas superficie abierta y superficie cerrada*. Identifica *señalando los dibujos realizados anteriormente* (el plano y la superficie no plana) como superficies abiertas, y *con ayuda del folio justifica la diferencia con las cerradas*: “esta **superficie (abierta) puede tener dos diferenciales de área: o por aquí o por allá**” (*Tesis 12*). Y diferencia con la cerrada al comparar “**en una superficie cerrada tiene que ser solamente la que sale perpendicular a la superficie**” (*complementa Tesis 12*). La tesis completa se justifica por un *argumento de demostración con una representación* con un folio sobre un dibujo de la pizarra. o *Ilustración visual*.

En la tercera fila de la tabla 8.24, episodio D20_M, introduce “**la ley de Gauss, como la primera de las cuatro ecuaciones de Maxwell**, pero no porque tengan un orden de importancia, sino porque **se estudian en ese orden**”, (*tesis 13*) que se justifica por *autoridad de la profesora de física*, “y **la ley de Coulomb se puede sacar de la ley de Gauss**” (*complementa tesis 14*), *argumento de autoridad, borra la pizarra verde*. La forma de nombrar las leyes de Maxwell, parece indicar que *usa una metáfora visual (argumento de metáfora)* de las leyes con una especie de armario que tiene partes o estantes ordenados de arriba a abajo. Es como una *estrategia para poner en orden las leyes* que se estudian en clase de física.

Al final del episodio D20_M, “**entonces vamos a ilustrar aquí la ley de Gauss, primero vamos a calcular el flujo, el flujo debido a una carga puntual**”. Y así prepara el enlace con D21_M, donde afirma: “**siempre empezamos con lo más sencillo, ¿no?** (*estrategia didáctica*) ... el **flujo debido a una carga puntual**”, que *anuncia lo que vendrá, preparando a los alumnos*.

Montse, después de diferenciar entre superficies cerradas y abiertas, empieza a entrar en el significado de superficie gaussiana, que relaciona con la superficie cerrada y sitúa la ley de Gauss en la estructura de leyes de la física, en concreto, en relación a las leyes de Maxwell, donde se puede entrever una metáfora, y la relaciona también con la ley de Coulomb, para finalizar anunciando una aplicación de la ley de Gauss al caso de una carga puntual, para el siguiente segmento de la clase.

Tabla 8.24. Episodios D18_M a D20_M: Vector área en una superficie abierta no plana

Montse: Superficie abierta y Superficie cerrada: La superficie Gausseana Episodios D18_M a D20_M. La representación sobre la pizarra.	
Descripción de la Explicación	Recursos: escritura en la pizarra y gestualidad
<p>[D18_M] 12:45 vamos a hablar del flujo total a través de superficies...</p> <p>a nosotros nos interesa para la ley de Gauss, superficies cerradas... (<i>dibuja en la pizarra una línea vertical, como divisoria</i>)</p> <p>lo que llaman superficie gaussiana (pausa)</p> <p>(<i>escribe “superficie gaussiana”, y se acerca al alumnado</i>) una superficie gausseana es una superficie cerrada que tiene ciertas características. La superficie gaussiana ...en primer lugar es una superficie imaginaria que nosotros vamos a dibujar para ehhh... evaluar el flujo a través de esa superficie, esa superficie tiene que ser cerrada (<i>dibuja con las manos al frente, abre circularmente, va a la pizarra y escribe</i>). Una primera característica es que es una superficie cerrada, (<i>escribe</i>) no es como esta (<i>señala al plano</i>) que es una superficie abierta, segundo el vector área siempre es perpendicular a la superficie (<i>escribe</i>)</p> <p>[D19_M] 12:46, y además una superficie abierta cualquiera (<i>señala a la figura amorfa</i>) esta, (<i>coloca el folio sobre el dibujo y perpendicular a la pizarra</i>) puede tener dos diferenciales de área: o por aquí o por allá (<i>señala con el índice apuntando hacia el folio por un lado y luego por el otro</i>) ...porque perpendicular es tanto para acá como para acá (<i>repite gesto con la mano</i>) ...</p> <p>pero, en una superficie cerrada se restringe a que tiene que ser solamente una, la que sale perpendicular de la superficie...</p>	
	
<p>[D20_M] 12:46:44 la ley de gauss es una de las 4 leyes de Maxwell ... (<i>se acerca al alumnado</i>) ... las leyes de Maxwell son la base de todo electromagnetismo... toda (<i>abre los brazos</i>) la teoría electromagnética está basada en estas cuatro leyes, ¿okey? (<i>señala “cuatro” con los dedos</i>)</p>  <p>De esas cuatro leyes se escribieron todos (<i>abre los brazos desde el pecho hacia afuera</i>) los temas menos (<i>no se entiende</i>) () son cuatro, siempre se pone la primera, se tiene la primera, que es la ley de gauss, la segunda, la tercera ta ta ta ... (<i>gesticula como quien cierra gavetas de arriba abajo</i>) pero no porque tengan un orden de importancia, sino porque se estudian en ese orden, y la ley de Coulomb se puede sacar de la ley de Gauss (<i>borra pizarra verde</i>) entonces vamos a ilustrar aquí la ley de Gauss, vamos a calcular el flujo, el flujo debido a una carga puntual.</p> 	

Fuente: Elaboración propia

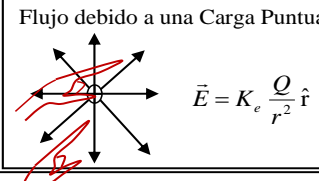

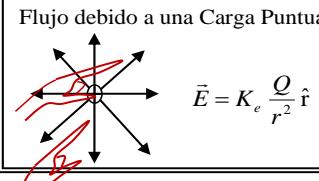

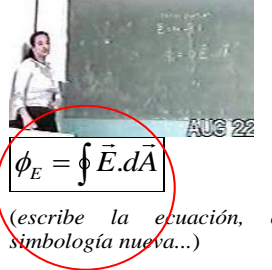
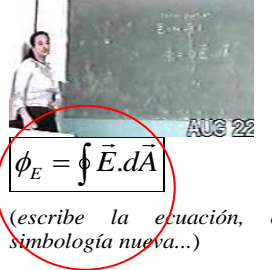
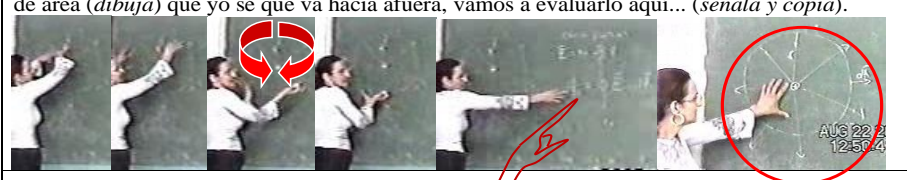
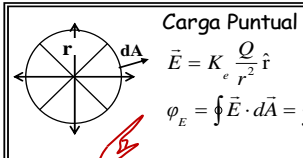
8.3.8 Flujo a través de una esfera con una carga puntual en su centro.

Montse ahora se dispone a realizar el cálculo del flujo a través de una esfera que encierra una carga puntual (escenario 5_M), partiendo de que se conoce el comportamiento vectorial dado por la Ley de Coulomb (*premisa*), del campo para una carga puntual, esta historia se muestra en los episodios D21_M al D26_M, tablas 8.25 y 8.26. Montse hace uso como estrategia comunicativa, del dibujo y la escritura matemática en la pizarra acompañada de la gestualidad característica, para realizar el cálculo del flujo, hasta llegar a la expresión de la ley de Gauss y para completar el significado de superficie gausseana.

En la primera fila de la tabla 8.25, episodio D21_M, Montse presenta al problema con un título en la pizarra y dice: **“siempre empezamos con lo más sencillo, ¿no? (estrategia didáctica) ... el flujo debido a una carga puntual positiva”**- que *anuncia lo que vendrá, preparando a sus alumnos*. Enseguida muestra *el escenario con premisas conocidas* por los estudiantes y así *dibuja* una carga puntual positiva con el campo representado por las líneas de campo en forma radial (*premisa*) y *escribe* la ecuación del campo dada por la ley de Coulomb (*premisa también conocida*), que se puede suponer ya justificada en sesiones anteriores: para una carga puntual positiva, **las líneas de campo eléctrico son radiales saliendo y el módulo del campo a una distancia r es constante y vale $K_e q/r^2$** (*premisa*).

En la segunda fila de la tabla 8.25, episodio D22_M, inicia el *análisis para calcular el flujo y escribe la ecuación*, presentando una nueva nomenclatura para indicar el flujo eléctrico en función de la integral de superficie cerrada ($\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$) (*tesis 15*) y dirige a justificar la selección de la superficie cerrada (presentada como superficie gausseana en D18_M). Para ello argumenta que *esta puede ser de cualquier forma, pero que nos ayudaría si nos facilita el resolver la integral*, por lo que **se debe aprovechar la simetría**, esto se observa cuando expresa: “si nosotros calculamos el flujo eléctrico (copia el símbolo) de esta carga como la integral de una superficie cerrada, () entonces **nosotros debemos escoger una superficie cerrada que puede ser de cualquier tipo...**” “la superficie puede ser de cualquier forma, pero como nosotros tenemos que integrar debemos escoger aprovechando la simetría del problema” (*tesis 16*), *se repite no exactamente* “Por eso es que la ley de Gauss se utiliza mucho para resolver problemas que tienen alta simetría”.

Tabla 8.25. Episodios D21_M a D23_M. Ley de gauss. Flujo de una carga puntual.

Montse: Flujo debido a una carga puntual. Ley de Gauss. Episodios [D21_M, D23_M]	
Descripción:	Recursos: Dibujo, escritura matemática, gestos
<p>[D21_M] 12:48 (escribe el título y comienza a <i>dibujar</i>) siempre empezamos con lo más sencillo, ¿no?... el Flujo debido a una carga puntual positiva...</p> <p>nosotros sabemos que la carga puntual positiva es una carga que tiene ... ehh sus líneas de campo son... radiales saliendo (<i>dibuja las líneas de campo</i>) en todas las direcciones, y el módulo del campo eléctrico producido (<i>señala sobre la figura, la carga</i>) a una distancia r (<i>señala un extremo de una línea de campo</i>), sabemos la expresión... (<i>habla mientras escribe la ecuación</i>) y es igual a $K_e q$ sobre r^2 en dirección radial... (<i>dibuja mientras habla</i>)</p> <p>esta es "q" (<i>escribe "Q"</i>) ahora vamos a imaginarnos en r el campo eléctrico... (<i>se apoya sobre centro y extremo de la figura</i>) el campo eléctrico es exactamente el mismo (<i>señala sobre cada línea de campo y a una misma distancia radial</i>)</p>  	<p>Flujo debido a una Carga Puntual</p>  
<p>[D22_M] 12:49 si nosotros calculamos el flujo eléctrico (<i>copia símbolo del flujo</i>) de esta carga como la integral de $\vec{E} \cdot d\vec{A}$ (<i>gesto envolvente: con la mano alrededor del dibujo</i>) una superficie cerrada (<i>escribe el símbolo de la integral con un círculo, simbología nueva</i>), del campo eléctrico por un diferencial de área (<i>escribe la ecuación</i>), entonces nosotros debemos escoger (<i>coloca la mano sobre la figura</i>) una superficie cerrada (<i>envolvente</i>) que puede ser de cualquier tipo, la superficie puede ser de cualquier forma, pero como nosotros tenemos que integrar (<i>borra parte de título</i>), debemos escoger ehh... aprovechando la simetría del problema. Por eso es que la ley de Gauss se utiliza mucho para resolver problemas que tienen alta simetría.</p> 	<p>(<i>escribe la ecuación, con una simbología nueva...</i>)</p> 
<p>[D23_M] 12:50 Si nosotros escogemos aquí (<i>señala</i>) por ejemplo una esfera (<i>dibuja un círculo centrado en la carga</i>), como superficie gaussiana una esfera de radio r, ¿verdad?... nosotros sabemos que, en todos los puntos, de esta esfera imaginaria. (<i>borra trozos de línea del círculo para que se vea respunteada</i>) ...una superficie gaussiana...</p> <p>y en toda la superficie de esta esfera (<i>recorre con el índice el círculo de la figura</i>) de radio "r" yo sé que el campo vale exactamente lo mismo (<i>señala la ecuación</i>) Entonces si yo voy a hacer una integral de superficie del campo eléctrico (<i>envuelve con las dos manos la figura</i>) multiplicado por el diferencial de área (<i>dibuja</i>) que yo sé que va hacia afuera, vamos a evaluarlo aquí... (<i>señala y copia</i>).</p> 	<p>Carga Puntual</p>  <p>$\vec{E} = K_e \frac{Q}{r^2} \hat{r}$</p> <p>$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E \cdot dA = E \oint dA$</p>

Fuente: Elaboración propia

En este episodio, Montse destaca la utilidad de la ley de Gauss para resolución de sistemas de este tipo y lo importante de seleccionar una superficie que proporcione esa simetría. Esta es su premisa /tesis 16 que deberá justificar en lo que sigue y hacer ver el significado al cual se refiere con el concepto de simetría. Preparación de la audiencia para lo que vendrá acudiendo a su importancia y utilidad.

En este nuevo sistema (escenario 5_M), el episodio D22_M complementa el concepto de superficie gaussiana escrito en la pizarra en D18_M como superficie cerrada. La superficie gaussiana es una superficie cerrada, imaginaria que se aprovecha de la simetría del problema para facilitar resolver la integral del producto escalar en la ecuación del flujo, es la tesis 16 expresada por Montse y será creíble por la autoridad de ella como profesora de física. Se podría interpretar como un argumento de autoridad, sin embargo, se interpreta como argumentada en base a su utilidad, que sería un argumento pragmático, dentro de los argumentos de sucesión fundamentados en la estructura de lo real.

En la tercera y cuarta fila de la tabla 8.19, episodio D23_M, inicia con la tesis 17 a construir de que la esfera es una superficie gaussiana, la que Montse justifica a través del dibujo, la gestualidad (argumento por ilustración) y el comportamiento matemático que acaba de describir para la carga puntual en D21_M (argumento cuasi lógico matemático por aplicación de las fórmulas matemáticas). Montse verifica que la esfera tiene características que por simetría facilitan la resolución de la integral, para ello presenta y dibuja la esfera como superficie cerrada y resalta que, en esa superficie, que está a un mismo radio de la carga, el campo es el mismo, apoyada en el escenario de la esfera en pizarra. Agrega el vector área sobre la esfera, para resaltar que el ángulo que forman es de cero grados, además el campo vale lo mismo, lo que facilita resolver la integral, que recoge en la pizarra, o sea le da presencia.

En D23_M Montse destaca el valor de diferenciar la nomenclatura vectorial de la escalar, respetando la escritura correcta distinguiendo la variable cuando se presenta de forma vectorial, a la de sólo magnitud al decir: “como esto (señala la expresión de flujo con integral) es un producto escalar tenemos que ver qué ángulo que forma, que es cero grados... y por lo tanto yo lo puedo escribir como una ...Integral cerrada de E por dA (escribe) ¿okey? Ya eliminé los vectores... (señala) ...ya quité el producto escalar...”. Esta actuación de Montse en la resolución, pero haciendo hincapié en por qué escribe sin vectores la expresión, que se puede interpretar como un argumento pragmático, para resaltar que no es lo mismo el producto escalar entre dos

vectores y el producto de dos módulos, sólo que están ante un caso particular en que cuando ángulo vale cero, (*Tesis 18* implícita).

En este episodio de D21_M a D23_M se ha trabajado con un caso particular de flujo [$\phi_E = Q/\epsilon_0$] (*tesis 19*) para la carga puntual dado por medio de un *argumento cuasi lógico por deducción matemática* mostración *que servirá* para empezar a hacer creíble la ley de Gauss y comprender mejor la superficie gausseana.

En la tabla 8.26, se presentan los episodios D24_M a D27_M, resuelve y determina el flujo a través de una esfera que encierra una carga puntual (*Tesis 19*) pero a la vez *formaliza la ecuación de la ley de Gauss*. Comienza justificando porqué el campo salió de la integral y queda sólo la integral de área, que con preguntas logra la *participación de los alumnos* para la resolución de la integral, y llegar al resultado que presenta como **la ley de Gauss** (*Tesis 20*).


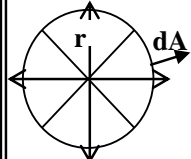
$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

En este segmento D21_M a D26_M, Montse se propone enunciar la ley de Gauss (*tesis 20*) partiendo de la ley de Coulomb (premisa ya conocida); y lo justifica a través de un *macro argumento cuasi lógico matemático por aplicación de las fórmulas*, demostrando que “el flujo de campo eléctrico a través de una superficie gausseana es igual a la carga encerrada por la superficie dividida por la permitividad eléctrica o épsilon subcero” (*tesis 19*).

“Y esto es la ley de Gauss para el campo eléctrico (*tesis 20*), porque hay también una ley de Gauss para el campo magnético, **esta es una de las leyes de Maxwell** (*tesis 13*, no justificada aquí). Esta ley nos indica que, si yo voy a evaluar el flujo de campo eléctrico a través de una superficie gaussiana, entonces cuando yo evalúo esta integral me va a dar igual a la carga que está encerrada en la superficie gaussiana dividida por épsilon subcero”. En este párrafo *anticipa el contenido que vendrá más adelante* en el curso.

Montse da presencia de la expresión de la ley de Gauss como carga encerrada en la superficie dividida por épsilon subcero, encerrando la fórmula en un recuadro.

Tabla 8.26. Episodios D24_M a D27_M. Ley de Gauss. Flujo de una carga puntual.

Montse: Flujo debido a una carga puntual. Ley de Gauss. Episodios [D24_M, D27_M]	
Descripción:	Recursos: Dibujo, escritura matemática, gestos
<p>[D24_M] ...luego el campo eléctrico (señala la letra “E” sobre la ecuación y a la vez señala sobre la figura) en toda (gesto con los brazos al frente formando un círculo) esta superficie es constante y ...como es constante yo lo puedo sacar de la integral y hago solamente la integral cerrada del diferencial de área,</p> <p>que es simplemente el área de esta superficie gaussiana que yo escogí el área de la superficie de una esfera... ¿cuánto es?..... (comienza el murmullo entre el alumnado) ¿cuánto es?... (estudiantes: cuatro pi...por erre cuadrado) el área de una esfera es (copia) cuatro pi por erre al cuadrado. (pausa) ¿okey?</p>	<p>...mueve los brazos circularmente al frente = superficie gaussiana, una esfera)</p> 
<p>[D25_M] 12:52 Entonces, el flujo de campo eléctrico es esto por el cuatro pi r cuadrado... si yo sustituyo (señala la primera ecuación) el campo que yo lo conozco... que vale “q sobre cuatro pi épsilon cero por r cuadrado” aquí (señala la ecuación de la tercera línea) entonces yo tengo que el flujo es... entonces esto aquí ..se me eliminan y me queda que esto es igual a la integral de campo eléctrico por diferencial de área que esto es el flujo ..y el flujo es igual a la carga dividido por épsilon sub cero... (escribe ecuación, ley de Gauss)</p>	<p>habla mientras escribe la ecuación y los despejes</p>
<p>[D26_M] 12:53 y esto es la ley de Gauss para el campo eléctrico..., (remarca la ecuación encerrándola en un cuadro, y escribe al lado “ley de gauss”)</p> <p>porque hay también una ley de gauss para el campo magnético... esta es una de las leyes de Maxwell... esta ley nos indica que... (señala a la ecuación)</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Carga Puntual</p>  $\vec{E} = K_e \frac{Q}{r^2} \hat{r}$ $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E \cdot dA = E \oint dA$ $= E 4\pi r^2 = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 r^2} 4\pi r^2$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$ <p style="text-align: right;">Ley de Gauss</p> </div> </div> <p>(va al escritorio, ve la hora, y borra la pizarra blanca)</p>
<p>que si yo voy a evaluar el flujo de campo eléctrico a través de una superficie gaussiana entonces cuando yo evalúo esta integral (señala) me va a dar igual a la carga que esta encerrada en la superficie gaussiana dividida por épsilon subcero</p> <p>[D27_M] esa carga (señala) es la carga neta encerrada dentro en la superficie gaussiana...si dentro de la superficie gaussiana no hay carga ...entonces...esta integral da cero... esto nos sucede ... eso lo podemos ver (va a la pizarra blanca) rápidamente si tenemos una carga positiva y otra negativa. por ejemplo... (dibuja el sistema-dipolo con líneas de campo)</p>	

Fuente: Elaboración propia

En el episodio D27_M, Montse señalando a la carga Q en la expresión de Gauss, agrega: “esa carga es la carga neta encerrada dentro de la superficie gaussiana, **si dentro de la superficie gaussiana no hay carga neta**, ...entonces **esta integral da cero**”. Presenta así la *Tesis 21*, que parece ser como una aplicación de la ley de Gauss (caso particular 2 de flujo), cuando $\phi_E = 0$. A continuación, sigue usando en otros escenarios, o sea que *se da una preparación de la audiencia* para el siguiente episodio.

Montse en esta sección resuelve el flujo en una superficie cerrada para una carga puntual, y la expresión resultante la presenta como la ley de Gauss y *prepara la audiencia para aplicar la ley de Gauss al caso del dipolo*. Se trata de una aplicación de la ley de Gauss para el cálculo del flujo eléctrico en un caso particular.

8.3.9 Montse y el sistema dipolo para la ley de Gauss.

Montse elabora ahora el escenario del dipolo (escenario 6_M), mostrado en la tabla 8.27 con los episodios D28_M al D31_M para aplicar lo que se ha trabajado en la sección anterior, con el dibujo. Y hace una explicación similar a la de Pere con este sistema-dipolo, basada en el dibujo de varias superficies gaussianas.

En la primera fila de la tabla 8.27, episodio D28_M, Montse realiza el *dibujo del sistema-dipolo recordando elementos ya trabajados (tesis 5)* en sesiones anteriores, *preparación de la audiencia por el recuerdo*. Montse comienza una explicación similar a la de Pere (apartado 8.2.5) con este sistema-dipolo, basada en el *dibujo de superficies gaussianas en varias zonas*, para *dar presencia* a su explicación con la finalidad de mostrar resultados distintos para la expresión del flujo. Con una dinámica donde *verbaliza mientras señala* en la figura, por ejemplo: relaciona líneas de campo entrando y diferencial de área hacia afuera con flujo negativo, mostrando que “yo tengo líneas de campo entrando, el diferencial va hacia afuera (simula con la mano el sentido de los vectores) los ángulos son paralelos, pero **forman 180 grados** y **entonces tengo un fluido negativo**” cuando la superficie gausseana encierra una carga negativa (caso 3 de flujo, *Tesis 22*), y “**cuando la superficie gausseana encierra la carga positiva solo, el flujo es positivo**” ya que las líneas de campo salen y el diferencial de área sale (caso 4 de flujo, *Tesis 23*).

En la segunda fila de la tabla 8.27, episodio D29_M, *aplica el concepto cualitativo de flujo*, verifica dibujando una gausseana donde sólo hay líneas de campo dibujadas, y resalta “**aquí**, fíjense que el número de líneas que entran es igual al número de líneas que salen (...)”, trayendo el concepto de flujo como líneas que atraviesan la superficie (tesis 5) y lo complementa expresando el procedimiento para calcular las líneas netas que atraviesan, “aquí entran uno, dos y tres (remarca las líneas de campo con flechas, en la gausseana, y aquí salen uno, dos y tres, por tanto el número de líneas que salen es igual al número de líneas que entran, por tanto el flujo es cero)”. En los segmentos (D28_M, D29_M), Montse completa el concepto inicial de flujo (tesis 5) como: usando un *argumento por ilustración cuasi lógico matemático*: “En una superficie cerrada el flujo es proporcional al número de líneas que la atraviesan (la resta de las líneas de campo que salen menos las que entran)” (*Tesis 24 implícita*), y lo confirma con la ley de Gauss, porque no hay carga encerrada.

Montse continúa desarrollando el concepto de flujo determinando en casos particulares, en D29_M recuerda y relaciona: “**aquí no hay carga ni positiva ni negativa**”, “**no hay fuente ni sumidero**” o, lo que es lo mismo, “**cuando la carga encerrada es cero, el flujo es cero**” (caso 5 de flujo, **Tesis 25** y lo confirma con la ley de Gauss, porque no hay carga encerrada, o sea *que cuando la superficie encierra una carga cero, el flujo es cero*. El argumento para estos casos 3, 4 y 5 se hace dibujando la superficie correspondiente a cada caso, remarcando flechas en las líneas sobre la superficie, contando el número de líneas que entran y/o que salen a través de ellas; para luego concluir sobre el valor del flujo: negativo, positivo o cero y en base a la ley de Gauss (*tesis 20= Premisa*).

En los episodios D28_M, D29_M (escenario 6_M), Montse hace “ver” dos premisas: líneas de campo y vector área, a través del *argumento de la ilustración* a través del dibujo y la gestualidad usando los dedos para resaltar el sentido de las líneas de campo, para que *vean*, cómo son y cómo es el flujo: a) cuando la superficie encierra la carga negativa (y lo dibuja) el flujo es negativo, las líneas entran a la gausseana y el ángulo es 180 grados (caso 3, tesis 22), b) cuando la superficie encierra a la carga positiva el flujo es positivo y las líneas salen de la gausseana, ángulo cero (caso 4, tesis 23), c) cuando la carga encerrada es cero, el flujo es cero, las líneas que entran son iguales a las que salen (caso 5, tesis 25). Todos *argumentos cuasi lógico matemático por ilustración*,

En la tercera fila de la tabla 8.27, episodio D30_M, Montse aplica el lado derecho de la igualdad en la ley de Gauss, para determinar el flujo para superficie cerrada. $\phi_E = Q/\epsilon_0$, tomando en

cuenta el valor de la carga encerrada por la superficie (*Tesis 26*, caso 6 de flujo), “**si yo tomo una superficie gausseana, de cualquier tipo, que me incluya** (dibuja) **las dos cargas** (se separa de la pizarra) ¿okey?” “**la ley de Gauss me asegura** que la integral de campo eléctrico por el diferencial de área es igual a la carga neta encerrada dividida entre épsilon subcero”, *vuelve a preguntar* para verificar la comprensión de la dinámica del párrafo anterior: “**¿cuál es la carga neta encerrada?**”, logrando la interacción de los estudiantes al responder: “**¡cero!**”. Luego explica *verbal y matemáticamente* lo que sucede. *Argumento de deducción matemática*, por aplicación de fórmulas y con la ayuda del uso de dibujos y gestualidad que podría interpretarse también como argumentos por ilustración visual. “**¿alguna pregunta?**”.

$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{+Q - Q}{\epsilon_0} = 0$$

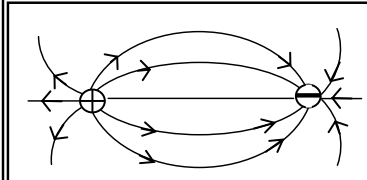
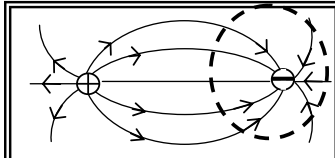

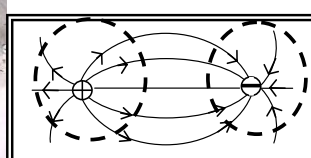




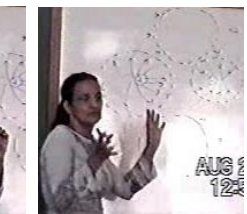
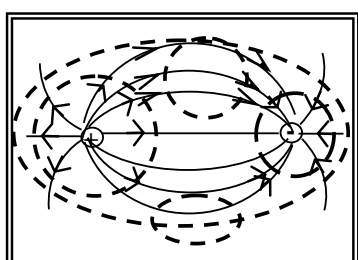
En el episodio D30_M, (escenario 6_M), Montse hace “ver” a través del *argumento de la ilustración a través del dibujo y la gestualidad*, que cuando la carga neta encerrada es cero, el flujo es cero, (porque salen y entran la misma cantidad de líneas). Lo justifica gráficamente y luego lo demuestra matemáticamente (*argumento por deducción matemático*).

Al mirar globalmente la explicación con los escenarios 5_M y 6_M, episodios [D23-M a D_30], se identifican seis casos de ejemplo de flujo, que formarían un *macro argumento del Ejemplo*: ejemplo 1 (D21_M a D26_M), ejemplo 2 (D27_M); ejemplo 3 (D28_M); ejemplo 4 (D29_M); ejemplo 5 (D29_M) y ejemplo 6 (D30_M). Macro argumento que incluye 6 tesis con sus argumentos particulares. Y con esto, en D31_M, finaliza la clase del día. Quedando los dibujos y fórmulas matemáticas en la pizarra *dándoles presencia*.

En esta sección Montse *primero hace ver a través del argumento de la ilustración visual*, que cuando la carga neta encerrada es cero, el flujo es cero. Y luego lo demuestra matemáticamente. *El dipolo en conjunto, es una aplicación de la ley de Gauss*.

Montse en la clase siguiente, aplica su acostumbrada estrategia de repaso al inicio de clases, retoma veinte minutos para repetir y repasar lo visto en la clase sobre la ley de Gauss, y acaba realizando ejercicios de aplicación para determinar el campo eléctrico (se ha presentado un ejemplo (escenario 8_M) como resolución de problemas en el capítulo siete, apartado 7.4).

Tabla 8.27 Episodios D27_M a D31_M, el dipolo y la interpretación de la Ley de Gauss

Clase de Montse: El dipolo en la explicación de flujo y la ley de Gauss Episodios [D28_M a D31_M]	
Descripción de la explicación	Recursos: Dibujo, gestos
<p>(a la definición cualitativa del “flujo con líneas de campo”, añade con la ley de Gauss la de “flujo con carga encerrada”).</p> <p>[D28_M] si tenemos una carga positiva y otra negativa, por ejemplo, este sistema tiene líneas de campo eléctrico <u>así</u> (dibuja el sistema-dipolo con líneas de campo) ¿verdad?... <u>y así</u>.</p> <p>entonces si yo coloco una superficie gaussiana de cualquier forma alrededor (encierra con círculo en la carga negativa) de esta carga... (remarca con flechas, el sentido de las líneas de campo) entonces ...yo tengo líneas de campo eléctrico entrando (simula: la mano hacia adentro) y tengo que el diferencial de área va para afuera... (simula: la mano hacia afuera) y el campo eléctrico va para adentro ... y tengo un flujo negativo, los ángulos son paralelos pero el ángulo que forman es 180 grados... entonces tengo un flujo negativo...</p>	
    <p>Por el contrario si yo lo hago aquí (dibuja sobre la carga positiva) ...las líneas de campo eléctrico salen el diferencial de área sale (señala con la mano y los dedos extendidos simulando líneas con ‘dedos flechas’ saliendo)..y entonces el flujo nos da positivo... porque el ángulo que forman es cero grados..</p>	
<p>[D29_M] Pero si yo la pongo aquí... (dibuja <u>abajo</u> entre las cargas) una superficie gaussiana, entonces fíjense que el número de líneas que entran es igual al que número de líneas que salen en cualquier lugar... (dibuja <u>arriba</u> entre las cargas) Aquí entran, uno, dos y tres (remarca flechas) y aquí salen uno, dos y tres... el número de líneas que entran es igual al número de líneas que salen y por tanto el flujo total es cero ...y esto coincide con esto (señala la ecuación de Gauss) porque aquí (coloca la mano en la figura) no hay una carga... ni positiva ni negativa... no hay una fuente (manos y dedos abiertos) ni hay un sumidero (manos cerrando los dedos) ¿no? (separa brazos)</p>	  <div data-bbox="606 1422 758 1534" style="border: 1px dashed red; padding: 5px; display: inline-block;"> Porque aquí no hay carga </div>  
<p>[D30_M] Entonces, ehh ... además...si yo tomo una superficie gaussiana... de cualquier tipo... que me incluya (dibuja) las dos cargas (se separa de la pizarra). ¿okey? la ley de Gauss me dice. (copia en la pizarra) <u>me asegura que la integral de campo eléctrico por el diferencial de área es igual a la carga neta encerrada dividida entre epsilon subcero...</u> (copia)</p> <p>¿cuál es la carga neta encerrada? (murmullas “cero”) ¿cero! ¿alguna pregunta? ...no.</p> <p>[D31_M]12:58 Entonces... si no hay preguntas. entonces mañana nos vemos que es viernes... con una clase de...</p>	 $\varphi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{+Q - Q}{\epsilon_0} = 0$

Fuente: Elaboración propia

8.3.10 Aspectos didácticos de Montse en la explicación.

La historia de Montse, se puede describir desde la dimensión didáctica aplicando las categorías de la dimensión 1, y se condensan de manera resumida en la tabla 8.28, con las cuatro subcategorías organizada en cuatro columnas, y que a continuación se presentan.

a) *La retórica en el aula.*

- **¿Hacia dónde vamos?** (*vamos juntos*) Implica al estudiante durante la explicación. “Entonces nos preparamos para la ley de Gauss (Estudiantes: “NOoo!!”) (la profesora se sonríe) tenemos que seguir, aquí aguantamos (con la mano cerrada en alto) ¡vamos a animarnos un poco y seguimos, con ánimo! Tranquilos, que la ley de Gauss es bien chévere”, [D01_M a D04_M]. *Usa la anticipación con títulos:* coloca el título “flujo eléctrico” y su simbología [D09_M y D11_M] al igual sucede con la superficie gausseana cuando la define, y con la ley de Gauss [D18_M y D26_M] y al realizar el ejemplo copia el enunciado [D20_M]. *Realiza anticipaciones de contenido:* Flujo es una cantidad escalar que nos indica un flujo de fluido. O bien usa el recurso de *imagínate esto*: “estamos hablando de flujo... nos imaginamos un río, sabroso... y mientras tanto nosotros estamos midiendo el flujo del río”, “Vamos a suponer que tenemos una espirita, así (dibuja en el aire un círculo) un arito... y allí vamos a medir la cantidad de agua que pasa, entonces ahí puedo saber si un río es más caudaloso que el otro (simula meter en un lado)” [D05_M].
- **¿Qué esperamos? Provoca controversia/diferencias. ¿Qué sucede si ...?** [D05_M] ¿Cómo medimos la cantidad de agua que pasa?... Y luego de introducir el río para el flujo: “esa idea del flujo...de continuidad ... no se aplica exactamente...para medir el flujo de campo eléctrico...Sin embargo” D09_M, **¿cómo hacemos esto?** (gesto de pregunta, hombros encogidos manos al frente) contando líneas de campo eléctrico es muy difícil, D11_M, “Si el área de sección transversal ... yo no lo coloco perpendicular, sino que coloco un poquito así (inclina el papel)” D14_M.

b) Destaca y refuerza los significados, el hilo conductor de la historia.

- **¿Cómo organiza la clase?** *Solapa ideas.* Presenta los conceptos, y luego con preguntas a los estudiantes, ella selecciona las respuestas y los dirige a la definición de cada uno. Ej: D04 ¿Cómo se mide el flujo? (se sienta en el escritorio a esperar respuesta pausa) (estudiantes: “la cantidad de agua”, “por unidad de tiempo”) (..) ... medimos la cantidad de agua que pasa. *Busca términos, para después contrastarlos o ponerlos en oposición de lo que se busca.* En D06_M, y D07_M, D08_M ha salido la *variable tiempo*, que según interviene para medir el flujo “entonces para medir el flujo necesitamos medirlo por *unidad de tiempo*... cuando nosotros medimos el flujo de campo eléctrico que es la materia de atención en este momento ...recuerden que estamos en electrostática...y en electrostática todo el mundo está quieto... esa idea del flujo...de continuidad ... no se aplica exactamente”. *Resalta ideas claves*, cuando recuerda el procedimiento experimental en D07_M “...porque tenemos que hacerlo con los mismos parámetros en las mismas condiciones...es decir en la misma unidad de tiempo”. En D09_M, “en electrostática ... todas las cargas ... que crean el campo eléctrico están quietas”.
- **¿Cómo verifica la comprensión de la clase?** *Retorna sobre las ideas.* porque en las líneas de campo eléctrico ehheh, la densidad de líneas de campo eléctrico es directamente proporcional a la magnitud del campo eléctrico... si yo tengo muchas líneas de campo eléctrico (gesticula con los dedos unidos) entonces yo tengo un campo fuerte y si tengo pocas líneas (dedos abiertos) sé que tengo un campo eléctrico débil, D11_M. *Sondea significados en los estudiantes.* Para Montse es importante la participación del estudiante, realiza preguntas retóricas, o provoca la interacción de los estudiantes. Por ejemplo, *inicia el tema de flujo con una pregunta:* “¿qué- es -un -flujo?, en D02_M. ¿Cómo se mide el flujo? D04_M, o en [D05_M] ¿Cómo medimos la cantidad de agua que pasa? ... En la medición de flujo, trabaja las ideas de los estudiantes: área, tiempo: “Discuten el parámetro área: “¿qué más?... qué otro parámetro, ¿qué otra variable necesitamos?... (estudiantes: el área) ¿no?, eh (enfatisa con los ojos, la boca y las manos al frente) estamos metiendo la misma espirita con la misma área. (repite la mímica D05) (estudiantes: “cantidad de agua”, otro dice “el tiempo”) el tiempo” D06_M, D07_M.

c) ***La elaboración de entidades.***

- ***¿Qué entidades elabora?*** Montse elabora la entidad: el flujo como fluido, flujo eléctrico, diferencial de área, el flujo como la integral, por definición gráfica, superficie gausseana a través de la esfera
- ***¿Cómo las define?*** *Lo nuevo a partir de lo antiguo y gradualmente por partes.* Construye los conceptos de: flujo de fluidos a partir de una recreación en el río (D02_M, D05_M), flujo eléctrico a partir de flujo de fluidos D10_M, vector área: entonces nosotros vamos a tener un vector perpendicular a él y este vector lo vamos a llamar vector diferencial de área, el diferencial de área: pero si nosotros esta área que está aquí la dividimos en pedazos, en áreas... diferenciales de áreas cada vez más pequeños.... de manera que cada diferencial de área atravesase una línea, solamente una línea de campo eléctrico en D12_M; la integral por definición gráfica: nosotros podemos ... medir o sumar todas esas líneas multiplicadas por el diferencial de área y obtenemos el flujo total... en D12_M.
- ***¿Cómo crea la imagen?*** *Materializa la entidad a través de un dibujo, o una representación* El río lo realiza a través de una representación imaginaria, la narración enfatizada y con onomatopeyas (D02_M, D03_M). *El flujo de fluidos:* lo realiza a través de una representación imaginaria de introducir una espira en dos ríos diferentes, la narración enfatizada y con onomatopeyas (D05_M a D07_M). El plano de la espira: en el dibujo, con un folio, con la palma de la mano (D10_M). El diferencial de área: dibuja cuadros imaginarios sobre el plano-folio, dibuja en el plano de la pizarra. Luego en la superficie no plana, lo dibuja como rectángulos D12_M, D13_M D16_M. Las líneas de campo: Lo dibuja junto con el plano, con los dedos en punta, “pegaditas”, “separadas”, en la superficie no plana, igual lo dibuja, D10_M, D16_M. Vector área: lo representa, con el dedo índice saliendo perpendicular del folio, lo dibuja en la pizarra, en la superficie no plana lo dibuja y luego lo representa con el rotulador saliendo de la pizarra en D14_M, D15_M, D16_M, D17_M. el ángulo teta: lo dibuja, y lo coloca en la ecuación del flujo, lo representa inclinando el plano respecto al campo en D14_M, D15_M.

Tabla 8.28. Montse y la dimensión didáctica de la historia aplicativa

1. La retórica de la Enseñanza. Integra intelectualmente, al estudiantado.	2. Destaca y refuerza los significados construidos o que van construyendo la historia.	3. Elaboración de Entidades. Montse elabora la entidad flujo eléctrico, plano imaginario, el vector área	4. Promueve habilidades aptitudes de la profesión. Integra al estudiante dentro de esta comunidad intelectual
<i>Implica al estudiante en la explicación.</i> “nos preparamos para la ley de gauss (“NOoo!”) ¡vamos a animarnos un poco y seguimos, con ánimo! Tranquilos, que la ley de Gauss es bien chévere”,	<i>Solapa ideas.</i> Para presentar los conceptos, inicia con preguntas a los estudiantes, y luego selecciona de las respuestas para dirigir a la definición.	<i>elabora la entidad:</i> el flujo como fluido, flujo eléctrico, diferencial de área, el flujo como la integral, por definición gráfica, superficie gaussiana a través de la esfera. <i>Interactúa gestualmente para la visualización</i> de los vectores, la superficie, el ángulo, y puedan hacer las conexiones grafico-matemático	<i>Promueve aptitudes propias de la profesión.</i> se observa, que promueve aptitudes propias de las ciencias técnicas. Utiliza estrategias para desarrollar la visión espacial destacando en el análisis gráfico.
<i>Usa la anticipación con títulos:</i> coloca el título y su simbología y copia el enunciado en D20_M.	<i>resalta ideas claves.</i> Ej. cuando recuerda el procedimiento experimental en D07_M, o retomando el concepto de electrostática...todas las cargas ... que crean el campo eléctrico están quietas - D09_M.	<i>Lo nuevo a partir de lo antiguo y gradualmente por partes.</i> Construye los conceptos de: flujo de fluidos a partir de una recreación en el río, flujo eléctrico a partir de flujo de fluidos, vector área, el diferencial de área:, la integral por definición gráfica.	<i>la simbología nueva, no la presenta ni explica sólo lo escribe</i> (Ej. luego de presentar el concepto de superficie gaussiana como superficie cerrada). Expresa las relaciones de forma matemática. El flujo puede ser igual a cero si no hay carga neta encerrada
Realiza anticipaciones de contenido: flujo es una cantidad escalar [D05_M].	En la medición de flujo, <i>trabaja las ideas de los estudiantes:</i> área, tiempo: “¿qué más? ¿qué otra variable necesitamos?... (estudiantes: el área) ¡No! eh! estamos metiendo la misma espirita con la misma área. (repite la mímica) (estudiantes: “cantidad de agua”, otro dice “el tiempo”) el tiempo	Vector área: lo representa, con el dedo índice saliendo perpendicular del folio, lo dibuja en la pizarra, en la superficie no plana lo dibuja y luego lo representa el ángulo teta: lo dibuja, y lo coloca en la ecuación del flujo, lo representa inclinando el plano respecto al campo	<i>valores propios de nomenclatura:</i> en la escritura, o el gráfico, le da importancia a la notación vectorial del flujo como producto escalar de dos vectores, Expresa el flujo con la integral del producto escalar. Diferencia con la simbología de la integral, si la superficie es abierta o cerrada
<i>Provoca controversia,</i> creando diferencias “esa idea de continuidad, no se aplica exactamente para medir el flujo de campo eléctrico”, “Si el área de sección transversal yo no lo coloco perpendicular, sino así (inclina el folio)”.	Retorna sobre las ideas. porque en las líneas de campo eléctrico eh!, la densidad de líneas de campo eléctrico es directamente proporcional a la magnitud del campo eléctrico... si yo tengo muchas líneas de campo eléctrico (une los dedos) entonces yo tengo un campo fuerte y si tengo pocas líneas (dedos abiertos) sé que tengo un campo eléctrico débil.	Materializa la entidad a través de un dibujo, o una representación El río lo realiza a través de una representación imaginaria, la narración enfatizada y con onomatopeyas El flujo de fluidos: lo realiza a través de una representación imaginaria de introducir una espira en dos ríos diferentes, la narración enfatizada y con onomatopeyas	Materializa las entidades en tres dimensiones: a través de la gestualidad, la mímica, la onomatopeya, el uso de objetos, que acompaña con el dibujo (El río, introducir la espira en dos ríos, el plano, etc.). El plano en forma espacial, 3d, que luego lo lleva a una vista de perfil, en el plano 2d, con el dibujo soportado con el uso del folio y la mano como vectores
<i>Provoca controversia,</i> usando la pregunta ¿Cómo medimos la cantidad de agua que pasa?... ¿cómo hacemos esto? contando líneas de campo eléctrico es muy difícil,	<i>Sondea significados en los estudiantes.</i> Para Montse es importante la participación del estudiante, realiza preguntas retóricas, o provoca la interacción de los estudiantes. Inicia el tema con una pregunta: “¿qué- es -un -flujo?, en ¿Cómo se mide el flujo? ¿Cómo medimos la cantidad de agua que pasa? .	<i>Materializa el plano de la espira:</i> en el dibujo, con un folio, con la palma de la mano El diferencial de área: dibuja cuadros imaginarios sobre el plano-folio, y en la superficie no plana, lo dibuja como rectángulos Las líneas de campo: Lo dibuja junto con el plano, con los dedos en punta, “pegaditas”, “separadas”,	Desarrolla la visión espacial. Presenta las variables del enunciado en el ejemplo, dibujando el sistema. <i>Desarrolla capacidades matemáticas y matemáticas-gráficas,</i> trabaja con la imagen y con la ecuación. Se expresa de forma matemática.

Fuente: Elaboración propia

d) ***Promueve aptitudes propias de la profesión. Integra al estudiante en la forma de comunicarse dentro de su nueva comunidad intelectual.***

- ***En la expresión matemática. valores propios de nomenclatura:*** en la escritura, o el gráfico, le da importancia a la notación vectorial del flujo como producto escalar de dos vectores, al escribir la ecuación usando la nomenclatura vectorial y presentando el símbolo que corresponde a la variable flujo, en D23_M. Expresa el flujo con la integral del producto escalar, en D13_M. Diferencia con la simbología de la integral, si la superficie es abierta o cerrada, en D20_M no lo presenta ni explica sólo lo escribe luego de presentar el concepto de superficie gaussiana como superficie cerrada. *Expresa las relaciones de forma matemática*, el flujo puede ser igual a cero si no hay carga neta encerrada, en D27_M.
- ***En habilidades de expresión visual gráfica que acompañen su comunicación.*** En la explicación de Montse se observa, que promueve aptitudes propias de las ciencias técnicas. Utiliza estrategias para desarrollar la visión espacial destacando en la parte de análisis. *Desarrolla la visión espacial.* Presenta las variables del enunciado en el ejemplo, dibujando el sistema en D21_M. *Materializa todas las entidades en tres dimensiones:* a través de la gestualidad, la mímica, la onomatopeya, el uso de objetos, que acompaña con el dibujo (Ej. El río, introducir la espira en dos ríos, el plano, etc.). Montse muestra un gran uso de la gestualidad. El plano en forma espacial, 3d, que luego lo lleva a una vista de perfil, en el plano 2d, con el dibujo soportado con el uso del folio y la mano como vectores en D10_M a D14_M.

Desarrollo del dibujo que acompaña a la explicación, se le da coherencia a los análisis. *Desarrolla capacidades matemáticas y matemáticas-gráficas*, trabaja con la imagen y con la ecuación. Montse en el ejemplo justifica la resolución matemática de la integral con el comportamiento de los vectores y el ángulo sobre el sistema dibujado, en D26_M. Se expresa de forma matemática en D25_M a D31_M. *Interactúa gestualmente para la visualización de los vectores, la superficie, el ángulo, y puedan hacer las conexiones gráfico-matemático.*

8.3.11 Aspectos argumentativos de Montse.

La historia de Montse, analizada desde la dimensión 2, focaliza la atención en la caracterización de argumentos, la presencia y la comunión del auditorio fundamentados en la teoría de Perelman, y observados en su explicación que a continuación se describe. Este apartado se

encuentra organizado de la siguiente forma: a) tipos de argumentos b) Las tesis construidas por Montse, según los escenarios de la explicación, presentados en la tabla 8.29, c) la presencia, d) la comunión con el auditorio, e) la interacción de los escenarios, mostrando el esquema explicativo de Montse en la tabla 8.30.

8.3.11.1 Tipos de argumentos encontrados en la explicación de Montse

En la argumentación o justificación de las tesis, se identificaron *argumentos de asociación*: **argumentos cuasi lógicos** (cuasi lógicos por relaciones lógicas, como argumento de contradicción o incompatibilidad, cuasi lógicos por relaciones matemáticas, como comparación, la adición. De hecho, se identifican deducciones, implicaciones o demostraciones matemáticas, que como que no son perfectas formalmente, se consideraran argumentos cuasilógicos por demostración matemática (o deducción, o aplicación de formulación matemática; **argumentos que se basan en la estructura de lo real** (argumento de doble jerarquía por relaciones de coexistencia, argumento pragmático o por consecuencias favorables, argumento de autoridad de un experto o comunidad); **argumentos que fundamentan la estructura de lo real** (por el caso particular: la ilustración y el ejemplo, por la analogía: la analogía y la metáfora. Para la historia de Montse, se identificó el uso de *argumentos de disociación* (que también se podría ver como **argumento por contradicción o incompatibilidad**).

8.3.11.2 La explicación de Montse desde las premisas y tesis

En las tablas 8.29 se muestran los segmentos separados según los escenarios y según las tesis en la explicación de Montse. En la tabla 8.29a) se encuentra el segmento inicial de Montse para construir flujo, con los siguientes escenarios:

Escenario 1_M: *almorzar a la orilla del Río*. Este escenario forma parte de la apertura de la unidad “Ley de Gauss” y el concepto de flujo, utilizando la recreación narrativa del imaginario para representar un descanso a la orilla del río [D01-M a D04_M].

Está formado por dos ilustraciones. La primera ilustración es la de “ir a almorzar a la orilla del río” para introducir a) el concepto de flujo como concepto cotidiano, es similar a un río, b) “el río siempre da una sensación de calma, de paz” el cual se realiza por medio de la mímica y la onomatopeya del sonido del río y el vocabulario de los estudiantes ¡es esa onda chamo!, con el objeto de tranquilizar y ambientar con buen humor a los estudiantes, que están un poco cansados, y hacerlos que acepten su explicación con atención; y la segunda ilustración es con una espira imaginaria para seguir construyendo significado al concepto

del flujo y la medición c) el flujo es la cantidad de agua que pasa por la espira, que inicia gesticulando una espira imaginaria que introduce en el río.

Tesis 1: “Medir el flujo eléctrico es como medir el flujo de un río (el flujo eléctrico es como el flujo de un río) [D01_M a D03_M].

Premisa 1: El flujo (como concepto cotidiano) nos evoca a un río. (“vamos a almorzar al lado del río” y “vemos el flujo de agua”).

Premisa 2: El río (es agua fluyendo de corriente uniforme) “da siempre una sensación de calma, de relax, de paz”.

Premisas de hecho compartidas entre Monte y los estudiantes por medio de la *mímica* y la *onomatopeya* del sonido del río y el *vocabulario* dirigido a los estudiantes “**¡es esa onda chamo!**”, con el objeto de tranquilizar y ambientar con buen humor a los estudiantes, que están cansados, y hacerlos que acepten a continuación su explicación con atención.

Argumento de metáfora fomenta estructura de lo real, basado en la ilustración narrativa, la gestualidad y onomatopeya.

Tesis 2: “La medida del flujo en un río es la cantidad de agua que pasa”. [D03_M; D04_M].

Premisa 3: *Premisa 1* (El flujo (como concepto cotidiano) nos evoca a un río.)

Premisa 4: *Premisa 2* (El río (es agua fluyendo de corriente uniforme) “da siempre una sensación de calma, de relax, de paz”. “nos imaginamos un río sabroso ... para ir a almorzar a la orilla del río”).

Argumento visual de ilustración por mímica y *habla* de la profesora. Se interpreta este tipo de argumento por la actuación y habla de Montse que recoge además la repuesta de los alumnos.

Escenario 2_M: dos Ríos y dos espiras. Este escenario cierra la apertura de la unidad “Ley de Gauss” y el concepto de flujo, utilizando la narrativa, la onomatopeya y la gestualidad para la **representación imaginaria, de dos aros que introduce en dos ríos para medir el flujo** [D05-M a D08_M], y que luego sirve de puente para llegar al concepto de flujo eléctrico. [D08-M a D09_M]

Tesis 3: “Para saber si un río es más caudaloso que otro, medimos la cantidad de agua que pasa en cada río por una misma espira circular, por unidad de tiempo, y comparamos las dos cantidades”. [D05 a D08 inicio].

Premisa 5: Tesis 2 (La medida del flujo en un río es la cantidad de agua que pasa)

Premisa 6: “Para hacer un experimento (correctamente), hemos de hacerlo con los mismos parámetros y bajo las mismas condiciones” (Afirmación de metodología general de investigación). (Se representa a través de la mímica de introducir un anillo en dos ríos, acompañada de la onomatopeya **¡Chapum!** Y recuerda las condiciones para el estudio de variables vistos en laboratorio de física). (premisa trabajada en otras clases o laboratorios de física)

Argumento visual por ilustración a través de la mímica

Estos argumentos para las tesis T1, T2 y T3 puede considerarse que constituyen un **Macro argumento de analogía** que empieza con una **metáfora** (para T1) y sigue con la **ilustración visual** por gestualidad, y el habla de la profesora Montse en escenario del río (para T2 y para T3) que tiene como *tesis* principal “la medición del flujo eléctrico tiene similitud a medir el flujo en un río”.

Tesis 4: “El flujo de campo eléctrico en electrostática, a diferencia del flujo del río, no depende del tiempo”. [D08_M, D09_M].

Premisa 7 (conocida de electrostática): En electrostática (campos creados por cargas fijas en el espacio) las líneas de campo no son líneas que representen movimiento, sino que son un dibujo de líneas que están fijas.

Premisa 8: Noción de campo, carga eléctrica y propiedades de líneas de campo eléctrico.

Argumento cuasi lógico de contradicción o incompatibilidad. se pueden interpretar como una *ruptura de la Metáfora/Analogía* entre flujo de agua y flujo eléctrico, lo que permite identificarlo como un *Argumento cuasilógico de contradicción o incompatibilidad*.

Este segmento (D08_M y D09_M) se caracterizó por una explicación que comienza con un escenario con dos ríos A (se identifica río como flujo (fluidos) partiendo del conocimiento común cotidiano, y luego pasa de B (flujo fluidos en movimiento) a C (flujo de campo eléctrico electrostático), **y que no se comporta similar a cómo se determina el flujo en un río**. Efectivamente señalar estas diferencias, entre flujo del río y flujo de campo eléctrico, refuerzan las premisas (líneas de campo, campo, carga), que le servirán para

construir la noción completa de flujo eléctrico, aparte que le sirve de apertura o preparación para hacer la conexión a un nuevo tema.

Escenario 3_M: plano inclinado y líneas de campo uniforme (1/2). Constituye un macro argumento de ilustración dividido en dos partes. En la primera parte de la ilustración se elaboran dos tesis, que elaboran el concepto inicial de flujo eléctrico (tesis 5), el flujo como integral (tesis 6), e introduce al concepto del vector diferencial de área (tesis 7).

Tesis 5: “El flujo de campo eléctrico (ϕ_E) a través de un área es proporcional a la cantidad de líneas que atraviesan esa superficie” [D10_M y D11_M].

Premisa 9: Premisa 7: Noción de campo, carga eléctrica y propiedades de líneas de campo eléctrico.

Premisa 10: Densidad de líneas de campo sobre una superficie sería el número de líneas /unidad de superficie. Se da por conocida, dada en propiedades de líneas de campo.

Argumento de doble jerarquía aplicada a enlaces de coexistencia, basado en la estructura de lo real. Es justificado mediante el dibujo del plano, la gestualidad con el plano, que relaciona por proporcionalidad directa las dos series de la jerarquía: serie 1 (orden de número de líneas que atraviesan la superficie, o sea de densidad de líneas de fuerza), y serie 2 (orden en el valor del flujo). En resumen: A **más** líneas atravesando la superficie (más densidad de líneas), **mayor** es el campo y por tanto **mayor** el valor del flujo.

Y Montse plantea una nueva pregunta crítica en relación a la mediada del flujo: **¿Cómo calcular el flujo? Contar líneas es muy difícil.** Que enlaza con los siguientes episodios,

Tesis 6: “El flujo total a través de una superficie es la integral del producto escalar del campo eléctrico por el vector diferencial de área” $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$. [D12_M y D13_M]

Premisa 11: Concepto de diferencial de área como pedacito de área.

Premisa 12: Por cada diferencial de área pasa sólo una línea de campo (convenio compartido aceptado)

Premisa 13: Definición matemática de integral como una suma de elementos diferenciales

Argumento visual cuasi lógico matemático de adición, de asociación. Lo justifica por

la definición gráfica de la integral, dibujando pequeños cuadritos de superficie, elementos de área (diferenciales de área) por los que pasa sólo una línea de campo, o sea, se convierten en el producto $\vec{E} \cdot d\vec{A}$ en diferentes puntos de la superficie y luego los suma para obtener el flujo total, que queda como una integral que expresa en la fórmula que define la tesis.

Escenario 3_M: plano inclinado y líneas de campo uniforme (2/2). En la segunda parte, dentro de este escenario 3, Montse elabora dos tesis que refuerzan o complementan las tesis anteriores, utilizando *argumentos visuales* con la representación con el folio sobre el dibujo y la mano como vector área (tesis 7) y repite dibujo y representación con **el plano inclinado, formando un ángulo respecto al campo eléctrico**. Para presentar al ángulo teta (entre los vectores campo y área), como elemento para determinar la expresión matemática del flujo (tesis 8) y luego presenta el caso particular de flujo igual al producto simple E.A (tesis 9).

Tesis 7: “El vector diferencial de área es un vector perpendicular a la superficie”, como el vector normal a la superficie. (D14_M).

Premisa 14: Concepto de vector normal como vector perpendicular a una superficie.

Premisa 15: = Premisa 10 (concepto de diferencial de área)

Argumento visual por Ilustración, basado en la estructura de lo real justificado a través de la representación con el folio sobre el dibujo, con el significado de superficie y la mano indicando la dirección perpendicular y luego dibujando los vectores área y diferencial de área como vectores perpendiculares a la superficie que atraviesan las líneas de campo.

Tesis 8: “El flujo va a ser igual a la integral del producto del módulo del campo, por módulo del diferencial de área, por el coseno del ángulo teta entre ellos”, [D14_M,

D15_M].
$$\phi_E = \int E \cdot dA \cos \theta$$

Premisa 16: = Tesis 7 (el diferencial de área es un vector perpendicular a la superficie.

Premisa 17: Tesis 5 (el flujo de campo eléctrico a través de un área es proporcional a la cantidad de líneas que atraviesan esa superficie)

Premisa 18: = *Premisa 11* (definición matemática de integral como una suma de elementos diferenciales)

Premisa 19 (implícita): Producto escalar entre vectores.

Argumento de Asociación visual cuasilógico matemático por representación gráfica de líneas de campo, vectores áreas y ángulo que forman entre ellos; justificada a partir de las premisas, mostrando con el folio perpendicular al campo dibujado y los gestos, como disminuye el número de líneas que atraviesan el folio a medida que va inclinando el plano, y muestra necesaria la consideración del ángulo θ entre los vectores campo y área, que usa en su producto escalar $\vec{E} \cdot d\vec{A}$, el cual le da presencia señalándolo en la ecuación (tesis 6) . al cual se le suma un **Argumento por deducción matemática** acompañada por **la ilustración visual** para el caso particular de **aplicación** cuando el ángulo entre el vector \vec{E} y el vector $d\vec{A}$ es cero y el flujo es el producto simple $E \cdot A$; **con** la representación del plano con el folio, colocado perpendicular a las líneas de campo dibujadas en la pizarra.

Escenario 4_M: Superficie amorfa no plana y campo uniforme. A través del dibujo en la pizarra y la representación del vector área con el rotulador; Montse Se apoya en la representación de los vectores $d\vec{A}$ en la superficie amorfa y de las líneas de campo que indican la dirección y sentido de \vec{E} . Visto así podría interpretarse como un **argumento. de ilustración visual**. [D16_M, D17_M]

Tesis 9: “Para una superficie no plana cualquiera, el vector diferencial, puede variar su orientación respecto al campo en cada punto”, D16_M.

Premisa 20= Premisa 14: el vector diferencial de área es un vector perpendicular a la superficie.

Argumento visual por ilustración gráfica, fundamenta la estructura de lo real, que se muestra implícitamente al dibujar en diferentes puntos sobre la superficie, vectores diferenciales de área con diferentes orientaciones respecto al campo.

Tabla 8.29a. La historia de Montse descrita desde la argumentación y los escenarios:

Flujo eléctrico.

Escenario 1_M: Almorzando a la orilla del río.		Escenario 2_M: Dos ríos y dos anillos.		Escenario 3_M: Plano inclinado –líneas de campo uniforme				Escenario 4_M: Superficie No plana – campo uniforme	
Analogía e Ilustración				Relaciones de doble jerarquía y cuasilógicos + Ilustración				Ilustración visual	
Recreación narrativa, gestualidad, onomatopeya y representación de objeto imaginario - medir flujo.				dibujos en secuencia y representación con el folio/plano + mano/plano, folio/plano + dedo/vector, gestos...				Dibujo y representación con el rotulador	
Tesis 1: “medir flujo eléctrico es como medir el flujo en un río” Tesis 2: “La medida del flujo de un río es la cantidad de agua que pasa”.		Tesis 3: “para saber si un río es más caudaloso que otro, medimos la cantidad de agua que pasa en cada río con una misma espira circular, en un mismo intervalo de tiempo y comparamos las dos cantidades”.		Tesis 5: “El flujo de campo eléctrico (ϕ_E) a través de una superficie es proporcional a la cantidad de líneas de campo eléctrico que atraviesan esa superficie” Tesis 6: “el flujo total a través de una superficie es la integral del producto escalar del campo eléctrico por el vector diferencial de área” $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$		Tesis 7: vector diferencial de área es un vector perpendicular a la superficie”. Como el vector normal a la superficie. <i>(Plano inclinado)</i> Tesis 8: “El flujo va a ser igual a la integral de área del producto del módulo del campo por módulo del diferencial de área por el coseno del ángulo teta entre ellos”. $\phi_E = \int E \cdot dA \cdot \cos\theta$		Tesis 9: Para una <u>superficie no plana</u> cualquiera, el vector diferencial puede variar su orientación respecto al campo en cada punto (implícita) Tesis 10: Para una superficie de cualquier forma también se cumple que el flujo va a ser igual a la suma del producto de campo por diferencial de área por el coseno del ángulo teta entre ellos” $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$ $\phi_E = \int E \cdot dA \cdot \cos\theta$	
D01 D02 D03	T1: Metáfora	D05 D06 D07	T3: Argumento visual de ilustración a través de la mímica simulando introducir un anillo en los dos ríos	D10 D11	T5: Argumento visual de coexistencia por doble jerarquía , A más líneas de campo, mas densidad, mayor valor de flujo.	D14	T7: Argumento por ilustración , con el folio sobre el dibujo y la mano como vector.	D16	T9: Argumento visual por ilustración gráfica a través del dibujo y el rotulador como vector
D03 D04	T2: Argumento visual de ilustración (por mímica)								
		D01 D07	T1+T2+T3: Argumento por analogía	D12 D13	T6: Argumento visual cuasi lógico matemático de adición por definición de la integral	D15	T8: Argumento visual cuasi lógico matemático .	D17	T10: Argumento cuasi lógico, matemático de adición por definición de la integral
		D08 D09	T4: argumento cuasi lógico de contradicción						

Fuente: Elaboración propia

Tesis 10: “Para una superficie no plana de cualquier forma también se cumple que el flujo va a ser igual a la integral del producto de campo por diferencial de área por el coseno del

ángulo teta que forman”, $\phi_E = \int E \cdot dA \cdot \cos\theta$. (D17_M)

Premisa 21: Noción matemática de producto escalar entre vectores

Premisa 22: *Tesis 7* (El flujo va a ser igual a la integral de área del producto del campo por el diferencial de área por el coseno del ángulo teta entre ellos)

Argumento visual cuasilógico matemático de adición, que es consistente con la propia definición de integral y producto escalar de vectores $\vec{E} \cdot d\vec{A}$ para una superficie cualquiera.

En la segunda fila de la tabla 8.29, se muestran los segmentos para **construir la ley de Gauss**, con los siguientes escenarios:

Escenarios 3_M y 4_M: *Superficie plana (folio) + superficie no plana*. Definición de Superficie abierta-superficie cerrada-gausseana.

Tesis 11: “La superficie gausseana es una superficie cerrada con ciertas características, es una superficie imaginaria y útil para calcular el flujo a través de ella” (D18_M).

Premisa 23: Concepto de superficie abierta y de superficie cerrada

Argumento de Autoridad de la profesora y de los textos de física. Basado en la estructura de lo real.

Tesis 12 “La superficie abierta tiene dos diferenciales de área mientras que la superficie cerrada tiene un solo diferencial de área perpendicular que sale de la superficie”, (D19_M).

Premisa 24: Noción de diferencial de una magnitud física

Premisa 25: Noción de vector área y de vector diferencial de área como vectores perpendiculares a la superficie.

Argumento visual por ilustración, fundamenta la estructura de lo real. Montse usa para convencer la representación con el folio sobre el dibujo de la pizarra: señala el dibujo del plano, el dibujo de la superficie amorfa y luego lo demuestra con el folio y la mano como vector haciendo ver como son los diferenciales de área. Se puede interpretar también

como un **argumento de demostración mediante una representación** de la profesora con un folio y dibujos y gestualidad.

Sin escenario y como preámbulo al ejemplo de la carga puntual.

Tesis 13: “La ley de Gauss es una de las leyes de Maxwell. Las leyes de Maxwell son la base de todo el electromagnetismo ... de toda la teoría electromagnética” (D20_M)

Premisa 26: Existe la ley de Gauss para fenómenos electromagnéticos.

Premisa 27: El nombre de *leyes de Maxwell* es conocido.

Argumento de Autoridad por la autoridad de la profesora y de la historia de la física.

Tesis 14: “La ley de Gauss, es la primera de las cuatro ecuaciones de Maxwell, pero no porque tengan un orden de importancia, sino porque se estudian en ese orden y la ley de Coulomb se puede sacar de la ley de Gauss.” (D20_M)

Premisa 28: La ley de Gauss y las leyes de Maxwell son leyes importantes de la física electromagnética

Premisa 29: La ley de Coulomb es conocida por el tema de Electrostática

Argumento de Autoridad por la autoridad de la profesora, de los libros de texto y de la historia de la física.

La forma de nombrar las leyes de Maxwell, parece indicar que *usa una metáfora visual* (*argumento de metáfora*) de las leyes como una especie de armario que tiene partes o estantes ordenados de arriba a abajo. Es como una estrategia para poner en orden las leyes que se estudian en clase de física. Con esta tesis introduce a la ley de Gauss y a los ejemplos que se trabajaran a continuación.

Escenario 5_M: la carga puntual y la determinación del flujo a través de una esfera. Apertura a la ley de Gauss para superficies gausseanas, se puede identificar formada por un *argumento del ejemplo*, usando como soporte visual el dibujo con la tesis principal: “El flujo de campo eléctrico a través de una superficie gausseana es igual a la carga encerrada en la superficie entre epsilon cero”, presentándola luego como la ley de Gauss. Este macro argumento a medida que se desarrolla elabora tres tesis adicionales:

Tesis 15: “El Flujo eléctrico para superficie cerrada se escribe como: $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$ ”

Premisa 30: Tesis 6 Flujo como integral del producto escalar de los vectores campo y diferencial de área

Argumento de Autoridad por la autoridad de la profesora, de los libros de texto.

Tesis 16: “La superficie gaussiana es una superficie cerrada imaginaria que se aprovecha de la simetría del problema para facilitar resolver la integral del producto escalar en la ecuación del flujo”. (D22_M) (complementa la tesis 12 a anterior D18_M).

Premisa 31: Concepto sobre las componentes de la fórmula del flujo como integral de producto escalar. $\phi_E = \int E \cdot dA \cos \theta$ (tesis 10)

Premisa 32: Tesis 6 Flujo como integral del producto escalar de los vectores campo y diferencial de área.

Argumento pragmático de enlaces de sucesión Este argumento se basa en la utilidad y procedimiento pragmático para el cálculo de la ley de Gauss, con el soporte del uso del dibujo y de la ecuación matemática

Tesis 17 “Para el caso de la carga puntual, la esfera es una superficie gausseana”. [D22_M y D23_M] (Tesis Ejemplo 1 de superficie gausseana, tesis 16):

Premisa 33: Una esfera, representa el lugar geométrico de todos los puntos a una misma distancia r a partir de su centro. Y con centro en la carga puntual, representa los puntos a una distancia r de la carga. (implícita, la recuerda con la gestualidad).

Premisa 34: El módulo del campo eléctrico de una carga puntual, a una misma distancia r de la carga, es constante y vale kEq/r^2 (por ley de Coulomb ya conocida).

Premisa 35: Las líneas de campo eléctrico para una carga positiva se dibujan como líneas radiales saliendo de la carga hacia fuera. El vector área es perpendicular a la superficie saliendo de ella (tesis 12). Se vale de las premisas *sobre el comportamiento gráfico y matemático del campo para la carga puntual positiva*, que las reúne por medio del dibujo.

Premisa 36: El vector campo y el vector área se comportan de la misma forma en toda la superficie de la esfera, son paralelos. El ángulo formado es cero, lo que facilita resolver la integral (cumple tesis 16). Se vale de conocimientos geométricos

Argumento por Ilustración mediante el uso del dibujo y de la gestualidad (de líneas de campo y de vectores). Podría verse también como *un ejemplo* de selección de

superficie gausseana que formará parte de un **macro argumento de ejemplo**, junto con otros ejemplos que se van presentando.

Tesis 18 (implícita): “En la ley de Gauss existe una gran diferencia al escribir el producto de campo y área, con vectores que sin vectores, usada sólo en un paso siguiente cuando se desarrolla y se da el caso que el ángulo vale cero” $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} \neq \phi_E = \int E \cdot dA$ „, [D23_M]. (similar a la tesis 14 de Pere)

Premisa 37: En ingeniería es un error grave, irrespetar la notación vectorial (distinguiendo la variable vectorial de la de magnitud, colocando la flecha arriba de la variable). Soportado en el conocimiento de la expresión y el desarrollo matemático vectorial.

Es muy diferente el producto escalar entre dos vectores y el producto de dos módulos, un caso particular es que el resultado es el mismo cuando el coseno del ángulo vale uno.

Argumento pragmático que destaca el valor de diferenciar la nomenclatura vectorial de la escalar, respetando la escritura correcta distinguiendo la variable cuando se presenta de forma vectorial, a la de sólo magnitud. al llamar la atención Montse señalando la expresión al decir: “como esto es un producto escalar tenemos que ver qué ángulo que forma, que es cero grados... y por lo tanto yo lo puedo escribir como una ...Integral cerrada de E por dA (escribe) ¿okey? Ya eliminé los vectores... (señala) ...ya quité el producto escalar...”

Tesis 19: “El flujo de campo eléctrico a través de una superficie gausseana esférica es igual a la carga encerrada dentro de la superficie dividida por épsilon cero”. (D21_M a D26_M) (caso 1 de Flujo, tesis 15):

Premisa 38: tesis 11: expresión del flujo $\phi_E = \int E \cdot dA \cos \theta$

Premisa 39: premisa 35, como el ángulo entre campo es cero, el coseno vale 1.

Premisa 40: Premisa 34 (para carga puntual, el módulo del campo a una misma distancia **r** es constante y vale **Keq/r^2** , por ley de Coulomb).

Premisa 41: el valor del área de la esfera.

Argumento por deducción matemática por aplicación de fórmulas matemáticas conocidas a la expresión de la integral del flujo eléctrico para una carga puntual y superficie esférica. podría interpretarse como argumento por el ejemplo, pero aquí se trata de un solo ejemplo, y por lo tanto sería un argumento muy débil.

Tesis 20: “El flujo de campo eléctrico a través de una superficie gausseana, es igual a la carga neta encerrada por la superficie dividida por épsilon cero, se toma como Ley de Gauss general”. (D26_M, D27_M)

$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Premisa 42: = Tesis 19

Premisa 43: la ley de Gauss como la primera de las ecuaciones de Maxwell y su importancia en la Física (tesis 13 y tesis 14)

Argumento por citación de autoridad, que ha sido introducido con las tesis 13 y 14.

Tesis 21: Si dentro de la superficie gausseana no hay carga neta, entonces, esta integral nos dará cero y el flujo del campo eléctrico será cero. (D27_M) (caso 2 de Flujo, tesis 15):

Premisa 44: Ley de Gauss para la carga puntual $\phi_E = Q/\epsilon_0=0$

Argumento de deducción matemática a la fórmula aceptada de ley de Gauss

Escenario 6_M: el dipolo y superficie gausseana. Este escenario ya presenta un campo eléctrico, carga eléctrica positiva, carga negativa y las líneas de campo eléctrico. Se repite la tesis del flujo para superficie cerrada cualesquiera (tesis 15) y comprueba la ley de Gauss

$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \text{ (tesis 20)}$$

Tesis 22: “Cuando la superficie gausseana encierra una carga negativa el flujo es negativo”. (D28_M) (caso 3 de flujo)

Premisa 45: En este caso concreto de carga negativa los vectores son paralelos, pero forman 180°.

Argumento de ilustración mediante el dibujo y gestualidad. También se ha de interpretar como *argumento cuasilógico matemático*

Tesis 23 (Ejemplo 4): “Cuando la superficie encierra la carga positiva el flujo es positivo”; (D28_M)

Premisa 46: En este caso concreto de carga positiva los vectores salen hacia afuera de la superficie.

Argumento de ilustración mediante el dibujo y gestualidad. También se ha de interpretar como *argumento cuasilógico matemático*

Tesis 24: “En una superficie cerrada el flujo es proporcional al número de líneas que la atraviesan, la resta de las líneas de campo que salen menos las que entran” (D29_M). (complementa tesis 5)

Premisa 47: El valor del flujo eléctrico a través de una superficie, es proporcional al número de líneas que la atraviesan (Tesis 5).

Argumento de ilustración mediante el dibujo de flechas a las líneas justo en la superficie dibujada para resaltarlas, y la gestualidad, contando las líneas que salen y las entran. También se ha de interpretar como *argumento cuasilógico matemático*

Tesis 25: “Cuando la carga neta encerrada es cero, el flujo es cero” (D29_M, D30_M) (superficie que encierra solo líneas de campo en un dipolo) (caso 5 de flujo2)

Premisa 48: tesis 24

Argumento de Ilustración visual. A partir de la definición cualitativa del flujo, se visualiza que salen y entran la misma cantidad de líneas. También se ha de interpretar como *argumento cuasilógico matemático*

Tesis 26 (caso 6): “Cuando la superficie gausseana incluye dos cargas iguales de signo contrario, el flujo es cero. (caso del dipolo y superficie gausseana que incluye las dos cargas) (D30_M).

Premisa 49: = Tesis 20 (Ley de Gauss generalizada en la formula $\phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0}$)

Premisa 50: la carga neta es igual a la suma algebraica de las cargas dentro de la superficie gausseana. (una operación de la resta: carga positiva total menos la carga negativa total)

Argumento por deducción matemática, mediante la aplicación de la expresión de la ley de Gauss y la expresión matemática de suma algebraica para hallar la carga neta.

$$\phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{+Q - Q}{\epsilon_0} = 0$$

Tabla 8.29b. La historia de Montse descrita desde la argumentación y los escenarios:

Flujo eléctrico y ley de Gauss.

Escenario 4_M: Superficie Gausseana (SG)		Escenario 5_M: La carga puntual, campo para una carga, líneas de campo, la esfera como superficie gausseana		Escenario 6_M: Dipolo, cargas, líneas de campo, gausseana	
Ilustración		Macro - Ejemplo		Macro ejemplo Ilustración	
Representación folio sobre dibujo		Aplicación de una fórmula de flujo	Dibujo y desarrollo matemático	Dibujo y la mano como LCE	
<p>Tesis 11: La superficie gausseana es una superficie cerrada con ciertas características</p> <p>Tesis 12: para un mismo punto sobre la superficie abierta existen dos diferenciales de área mientras que la superficie cerrada tiene un solo diferencial de área que <u>sale</u> de la superficie.</p>		<p>Tesis 13: “La ley de Gauss es una de las leyes de Maxwell. Las leyes de Maxwell son la base de toda la teoría electromagnética”</p> <p>Tesis 14: “La ley de Gauss, es la primera de las cuatro ecuaciones de Maxwell, y la ley de Coulomb se puede sacar de la ley de Gauss”, anticipa al ejemplo.</p> <p>Tesis 15: “Flujo eléctrico para superficie cerrada: $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$”</p> <p>Tesis 16: La superficie gaussiana es una superficie cerrada, imaginaria que se aprovecha de la simetría del problema para facilitar resolver la integral del flujo. Complementa T11</p>	<p>Tesis 17: Para el caso de una carga puntual, la esfera es una superficie gausseana” (verifica tesis 11)</p> <p>Tesis 18: (implícita): “Al expresar la función del flujo, existe una gran diferencia al escribir el producto de campo y área, con vectores que sin vectores, usada en este ejemplo porque el ángulo es cero” $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} \neq \phi_E = \int E \cdot dA$</p> <p>Tesis 19: El flujo eléctrico a través de una esfera en cuyo centro se ubica una carga puntual, es igual al valor de esa carga dividida por épsilon cero. (caso 1 particular de flujo). $\phi_E = Q/\epsilon_0$</p> <p>Tesis 20 principal: El flujo de campo eléctrico a través de una superficie gausseana es igual a la carga neta encerrada dividida por épsilon cero. Esta es la Ley de Gauss. $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$</p> <p>Tesis 21: Si dentro de la superficie gausseana no hay carga neta, el flujo del campo eléctrico será cero. (caso 2 de flujo). $\phi_E = 0$</p>	<p>Tesis 22: Cuando la superficie encierra la carga negativa el flujo es negativo (caso 3 de flujo) (vectores paralelos con ángulo de 180°)</p> <p>Tesis 23: Cuando la superficie encierra la carga positiva el flujo es positivo (caso 4 de flujo)</p> <p>Tesis 24: “En una superficie cerrada el flujo es proporcional al número de líneas que la atraviesan (la resta de las líneas de campo que salen menos las que entran)” (complementa tesis 5)</p> <p>Tesis 25: Cuando la carga neta encerrada es cero, el flujo es cero, (porque salen y entran la misma cantidad de líneas). (caso 5)</p> <p>Tesis 26: “Cuando la superficie gausseana incluye dos cargas iguales, de signo contrario, el flujo es cero. (caso 6)</p>	
D18	T11: Argumento de autoridad	D20	T13, T14, T15: argumento de autoridad	D23	T17: Argumento por ilustración . Por dibujo y la gestualidad, T18: Arg. pragmático
D19	T12: Argumento visual por ilustración .	D22	T16: SG: Argumento pragmático de sucesión	D21 ... D26	T19: cuasi lógico matemático por demostración
				D26	T20: Por citación de autoridad
				D27	T21: Argumento de deducción matemática
				D28	T22 y T23: Ilustración y cuasi lógico matemático
				D28 D29	T24: Ilustración y cuasi lógico matemático
				D29	T25: ilustración, y cuasi lógico matemático por demostración
				D30	T26: Argumento por deducción matemática

Fuente: Elaboración propia

Todo el segmento explicativo basado en el escenario del dipolo (D27_M a D30_M) se puede identificar como un **macro argumento del ejemplo** que sirve para dar cierre al concepto de flujo y a la Ley de Gauss. Montse utiliza el dipolo para: a) dar soporte visual al concepto inicial de flujo (**tesis 5**) y completarlo al conectarlo al concepto de superficie cerrada, “el flujo a través de una superficie gaussiana es proporcional al número de líneas de campo que salen menos las que entran”; b) unir este concepto cualitativo de flujo al concepto formal de flujo aplicando la ley de Gauss, “el flujo eléctrico a través de una superficie gaussiana es igual a la **carga neta** encerrada en dicha superficie entre épsilon cero”, c) presentar el concepto de carga neta como la suma de las cargas con su signo. Este macro argumento se desarrolla presentando diversos ejemplos, (ejemplo 2 (D27_M), ejemplo 3 (D28_M); ejemplo 4 (D28_M); ejemplo 5 (D29_M) y ejemplo 6 (D30_M).

8.3.11.3 *La “presencia” en la explicación de Montse*

Montse reviste de *presencia de segundo nivel*, su explicación en todo momento. Montse construye seis escenarios para explicar el tema de flujo eléctrico hasta la expresión de la ley de Gauss.

En los dos primeros escenarios: “almorzar a la orilla de un río” y “medir el flujo en dos ríos”, Es el segmento que caracteriza su estilo gestual y narrativo en las explicaciones. Comparado con los demás es un segmento largo, y visto conceptualmente no agrega mucho. Sin embargo, Montse logra recrear en el imaginario de los estudiantes un paisaje almorzando en el río, sólo con la narrativa verbal y gestual muy descriptiva, dando presencia.

En los escenarios 3_M y 4_M de “plano inclinado” y “superficie no plana”, Montse reviste de presencia al plano, las líneas de campo, el diferencial de área saliendo del escenario sólo de la pizarra y utilizando la representación con objetos sobre la pizarra, las manos, el rotulador y la gestualidad en sí; todo es válido para hacer visible en 3d, las entidades y su comportamiento con los demás elementos del escenario y construir el concepto de flujo eléctrico y el comportamiento de sus componentes.

Montse en los escenarios 5_M y 6_M (carga puntual y dipolo) da presencia a la esfera como superficie gaussiana a través del dibujo y la gestualidad sobre el dibujo; que se acompaña de las premisas dadas por la ley de Coulomb: y luego da presencia simple a la ley de Gauss cuando la encierra en un recuadro. La presencia mayor la utiliza con el dibujo más elaborado de

superficies gausseana sobre el sistema del dipolo y líneas de campo; para ejemplificar el concepto de flujo y dar credibilidad a la ley de Gauss más allá del argumento de autoridad.

En general, Montse hace uso de recursos visuales para dar *presencia de segundo nivel* utiliza su gestualidad y la representación con objetos sobre la pizarra, creando imágenes en la mente del estudiante. Montse no se caracteriza por el uso de la repetición verbal continua o insertada para dar *presencia*, durante la explicación que es común en el docente, sin embargo, tiene como estrategia “*dar la clase dos veces*”, Montse al inicio de la clase siguiente repite todo el tema de flujo y ley de Gauss.

8.3.11.4 La creación de la comunión en el auditorio.

Se observa que para Montse es importante la *comunión con el auditorio*, y se evidencia a través de la participación espontánea del estudiantado. Los escenarios 1_M y 2_M, como se dijo en el apartado anterior, ocupan un gran sitio de la explicación, cuando quizás conceptualmente no aporta mucho: sin embargo, para Montse es de gran importancia que su audiencia esté con ella en la explicación, y estos episodios fueron dedicados a ambientar al estudiantado para crear comunión. Igualmente se observa en su hablar cercano (¡es esa onda chamo!) o el uso de la ironía para romper con humor una situación, por ejemplo, el río Cabrales o su sentido del humor que los hace participar de forma espontánea riéndose o quejándose, se percibe que se sienten cómodos con el profesor.

8.3.11.5 Interacción de los escenarios contruidos en la historia de Montse

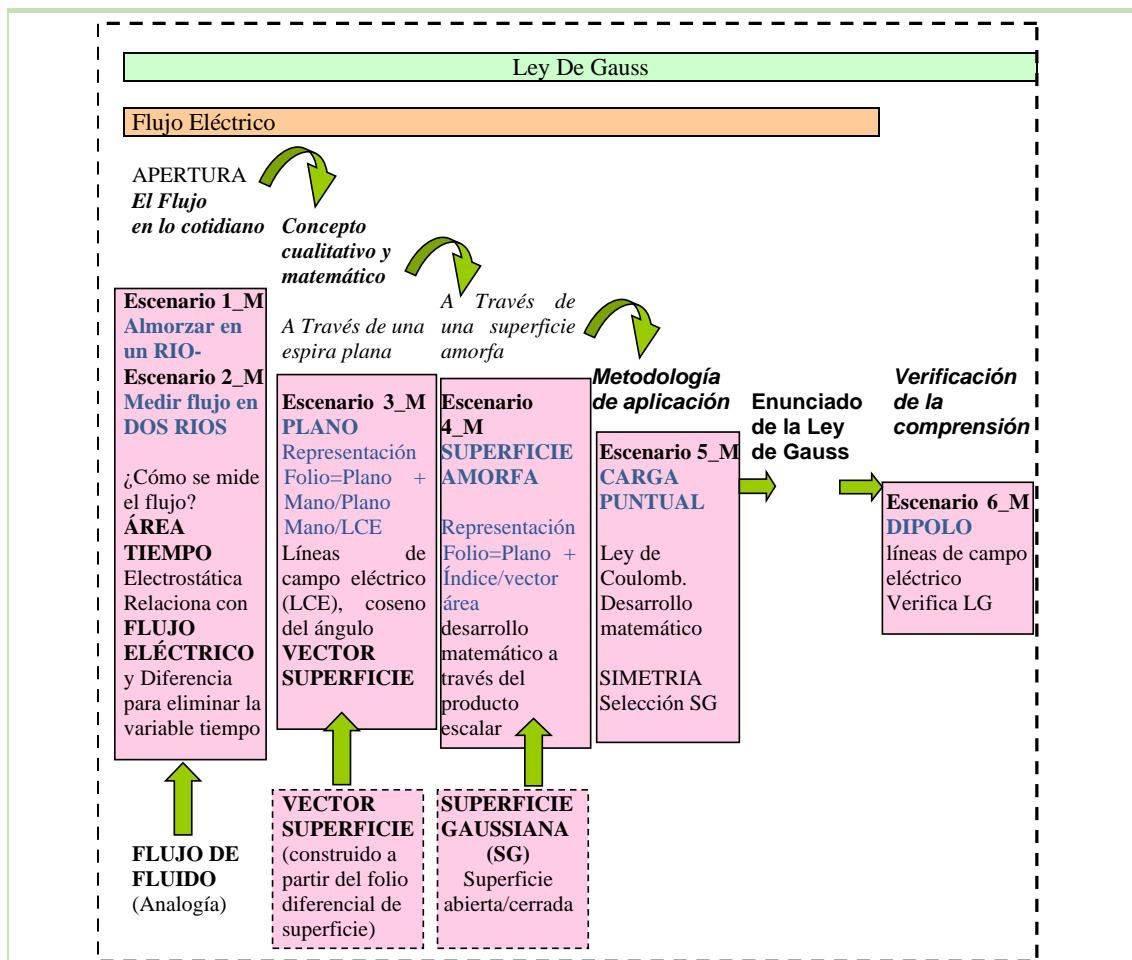
En las tablas 8.30a y 8.30b se muestran dos tipos de esquemas para describir, el desarrollo de las premisas y escenarios en la historia de Montse para construir los conceptos de flujo y ley de Gauss, donde se muestran de izquierda a derecha bloques con los segmentos de la historia, caracterizados por seis escenarios representados por Montse, las flechas curvas representan las conexiones en el discurso y en la parte inferior encerrados en recuadros se resumen las entidades que son construidas o que se refuerzan para cada segmento.

En la tabla 8.30 a. se muestra la historia con esquema desde el punto de vista conceptual. Descrito de afuera hacia adentro, está formado por un bloque mayor que representa el enunciado de la ley de Gauss, en su interior se encuentra el bloque que representa el segmento de la historia de flujo eléctrico, que son dos etapas el flujo eléctrico como integral, y luego construye todo flujo en superficie cerrada. En la parte inferior se encuentran las premisas principales; el río como flujo de fluidos, análogo al flujo eléctrico, vector área y superficie gausseana.

En la tabla 8.30b. se muestran más detalles en cuanto a episodios, escenarios que los caracterizan. Cada escenario está identificado en la parte superior por el escenario que lo caracteriza, y palabras claves de enlace; en la parte inferior se señalan los episodios y en la parte inferior encerrados en recuadros se resumen las premisas, y *entidades* que son construidas o que se refuerzan para cada segmento. Se destaca con flechas curva la interacción entre los escenarios nuevos y anteriores.

Los escenarios se enlazan con las flechas curvas que representan las *conexiones en el discurso*, las flechas negras señalan la conexión a los *escenarios nuevos* y las rojas indican *la interacción entre los escenarios nuevos y anteriores*, observado con el plano inclinado y la superficie amorfa. En este escenario se destaca una interacción con un círculo formado con dos flechas, que indica cuando realizó la diferencia entre superficie abierta y cerrada con una representación con el folio y el rotulador.

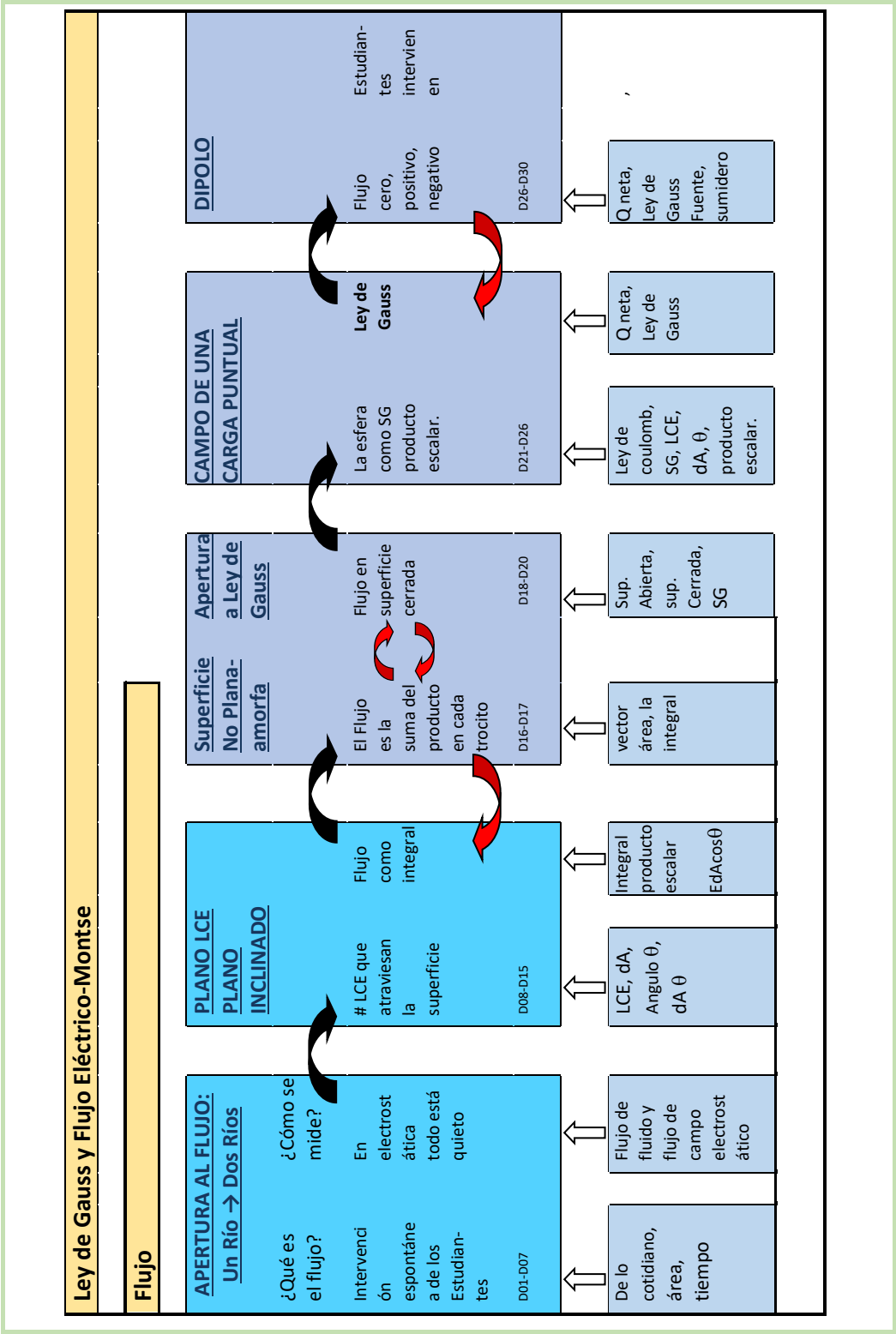
Tabla 8.30a. Esquema de escenarios y argumentos en la historia de Montse [D01_M, D30_M]



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.30b. Esquema de escenarios y argumentos en la historia de Montse.

Tabla 8.30b. Esquema de escenarios y argumentos en la historia de Montse.



Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

8.3.12 Aspectos multimodales y modos comunicativos utilizados por Montse

La historia de Montse focalizando la atención en la acción multimodal, lleva a realizar un análisis en tres pasos. El **primer paso** corresponde a *presentar la historia de forma muda*, colocando en secuencia las imágenes que identifican las acciones destacadas durante la construcción de la historia explicativa. El **segundo paso** es tabular los episodios de la historia junto con el primer paso y *presentar las categorías de la dimensión multimodal*, agregando las subcategorías encontradas. Estos dos pasos se presentan en forma gráfica. El **tercer paso** es *discutir la interacción de los modos comunicativos* en la historia

- Puesta en Escena, organizada según los escenarios. Tablas 8.31
- Modos comunicativos. Tabla 8.32, Tabla 8.33
- La interacción de los modos comunicativos. Tabla 8.34

8.3.12.1 La puesta en escena de Montse

La puesta en escena resume de forma visual, la acción del profesor a lo largo de la explicación. Para ello se construyó la tabla 8.31, dividida en cinco partes: (escenarios 1 y 2)_M de ríos, escenario 3_M inicial con el plano, (escenario 3 y 4)_M con el plano inclinado y superficie no plana, escenario 5_M carga puntual y escenario 6_M con el dipolo. El propósito la puesta en escena es utilizar la expresión visual; a continuación, se da una breve descripción de la tabla:

1. Montse y el flujo como fluido, la apertura del tema, el río en la construcción del concepto cualitativo del flujo como fluido y los parámetros para medirlo. Episodios [D01_M, D09_M]Tabla 8.31a
2. Montse y el flujo eléctrico, el plano, en la construcción del flujo como integral, del diferencial de área. [D10_M, D13_M]Tabla 8.31b
3. Montse y el diferencial de área y el producto escalar en el flujo, el plano inclinado, la superficie no plana, y superficie gausseana [D14_M, D20_M]Tabla 8.31c.
4. Montse y el ejemplo del flujo para una carga puntual, para enunciar la ley de Gauss. [D21_M, D26_M] tabla 8.31 d

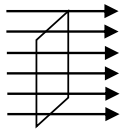




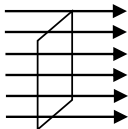
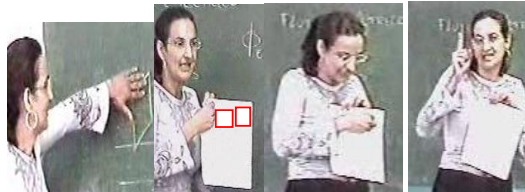

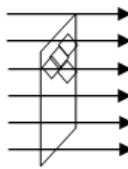
5. Montse y el dipolo, en la ilustración de la ley de Gauss, mostrando la compatibilidad del concepto cualitativo del flujo eléctrico en superficie cerrada de cantidad de líneas que atraviesan con el matemático de la ley de gauss. [D25_M, D30_M]tabla 8.31e

Tabla 8.31a. Puesta en escena de Montse. Flujo eléctrico: Representación de dos ríos.

Montse: Desarrollo del concepto Flujo eléctrico.Episodios D01_M al D17_M.			
GC: ¡si podemos!	[D01_M]	RIG-1 GNo un río uno lo mira y "rrrrr"	[D02_M]
			
GNo ¡Pazzz!	[D03_M]		
			
RIG-2 una espirita para medir flujo en un río	[D05_M]	RIG-2 mido en un río y luego en otro	[D05_M]
Tengo una espira circular 			
			
Representa introducir la espira en el río		Lo metemos en el Amazonas y en el Cabrales	
GN- GC ¡no,no!,	[D06_M]	GNo ¡chapum! pausa	[D07_M]
			
simula introducir a la derecha, y luego introducir a la izquierda, luego se queda estática como sosteniendo las espiras		Chapúm	
GN flechas en movimiento	[D08_M]	GN el todo , GC stop	[D09_M]
			
no vamos a imaginar flechitas de campo eléctrico, o líneas de campo eléctrico moviéndose. Recuerden que estamos en electrostática		El campo eléctrico no varía, está quieto.. El campo está quieto	




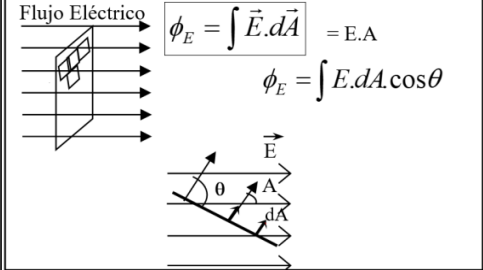
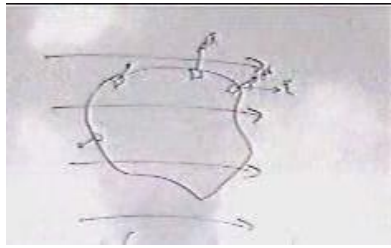
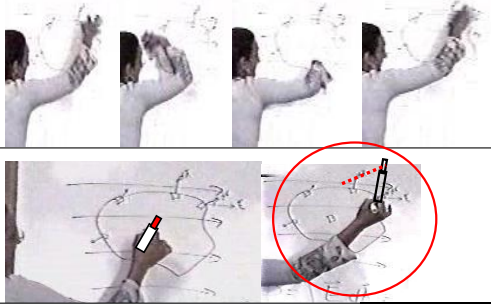



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.31b. Puesta en escena de Montse. Flujo eléctrico: Representación del plano.

Etítulo DS-1 espira plana y LCE	[D10_M]	ROD folio-plano GN GN GN	[D10_M]
<div data-bbox="308 517 751 768"> <p>Flujo Eléctrico</p>  </div>		<div data-bbox="831 439 1222 595">  <p>dedos-LCE</p> </div> <div data-bbox="831 607 1190 779">  <p>mano-plano</p> </div>	
GN pegaditas GN GN ¿cómo hacemos esto?	[D11_M]	E DS1 flujo eléctrico - símbolo	[D11_M]
<div data-bbox="260 853 746 1043">  </div> <div data-bbox="260 1055 751 1238">  </div>		<div data-bbox="831 913 1313 1178"> <p>Flujo Eléctrico</p> <p>ϕ_E</p>  </div>	
GA – ROG - GCuno GA GN	[D12_M, D13_M]	DS1 EM GA diferencial de área	[D13_M]
<div data-bbox="260 1301 786 1491">  </div> <div data-bbox="260 1503 799 1686">  </div>		<div data-bbox="831 1328 1318 1659"> <p>Flujo Eléctrico</p> <p>$\phi_E = \int \vec{E} d\vec{A}$</p>  </div>	

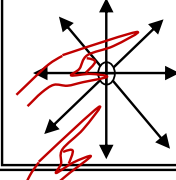

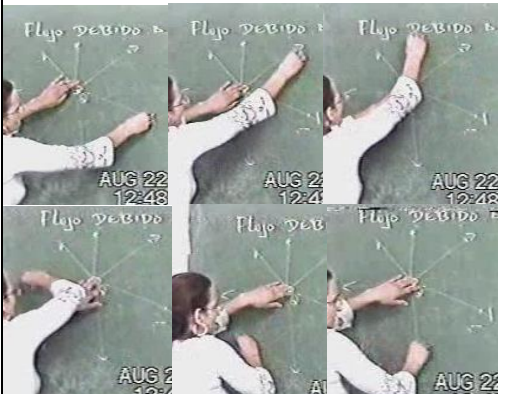
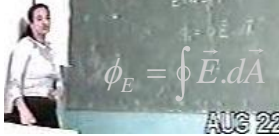

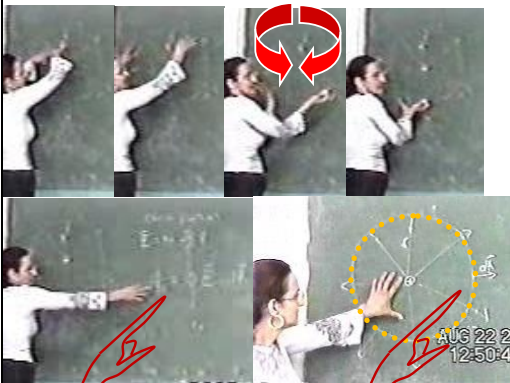
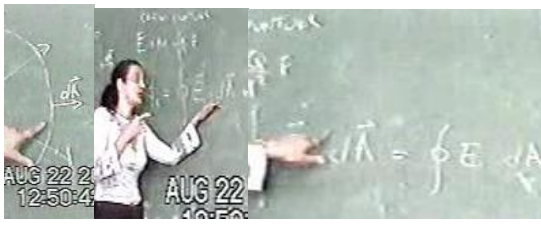
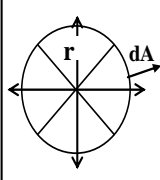

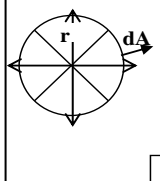
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.31c. Puesta en escena de Montse. Flujo para superficie no plana y superficie gausseana.

ROD folio-plano en movimiento	[D14_M]	ROD folio en mov – DS2 EM	[D14, D15_M]
			
			
D-2 superficie no plana	[D16_M]	EM diferencial de área y vector área	[D17_M]
			
E, ET, EN, ES Superficie. Gausseana	[D18_M]	GAX5 La superficie abierta tiene dos vectores áreas, la cerrada sólo uno	[D19_M]
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content;"> <p>Superficie Gausseana</p> <p>1) Superficie cerrada</p> <p>2) $\vec{dA} \perp$ superficie</p> </div>			
GN envolvente	[D20_M]	GC cuatro GN Metáfora	[D20_M]
			

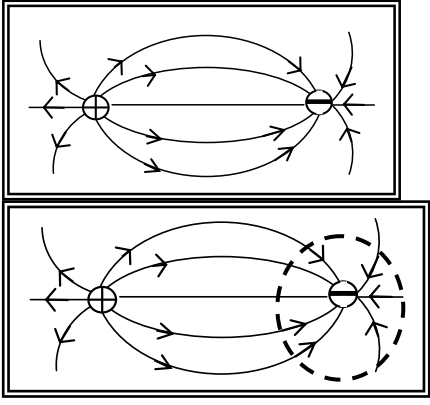
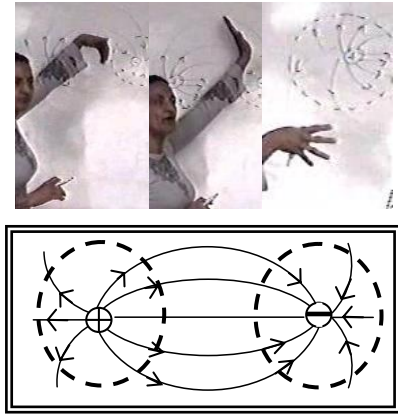

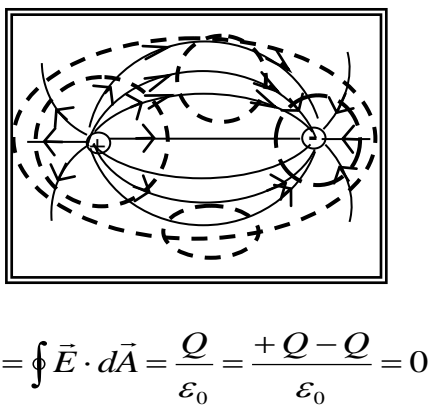
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.31d. Puesta en escena. Ejemplo. Flujo a través de una esfera que encierra una carga puntual.

D3carga ET, EM, ES, EN GA	[D21_M]	D3carga GA Pr empezamos por lo mas sencillo ¿no?	[D21_M]
<p>Flujo debido a una Carga Puntual</p>  $\vec{E} = K_e \frac{Q}{r^2} \hat{r}$ 			
D3carga EM, GN envolvente	[D22_M]	Dibuja dA , EM , GA , GN envolvente	[D23_M]
 $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$ 			
GA, EM Pr tenemos que ver qué angulo forma, es cero por eso se escribe así ¿okey?	[D23_M]	EM GN envolvente PR ¿El área, cuánto es?	[D24_M, D26_M]
 <p>Carga Puntual</p> $\vec{E} = K_e \frac{Q}{r^2} \hat{r}$ $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E \cdot dA = E \oint dA$ 		 <p>Carga Puntual</p> $\vec{E} = K_e \frac{Q}{r^2} \hat{r}$ $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E \cdot dA = E \oint dA$ $= E 4 \pi r^2 = \frac{Q}{4 \pi \epsilon_0 r^2} 4 \pi r^2$ $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \text{Ley de Gauss}$ 	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.31e. Puesta en escena de Montse. Ley de Gauss y el dipolo.

D4dipolo Pr	[D27_M]	D4dipolo GA	[D28_M]
			
D→EM GA GCsumidero GCfuente	[D29_M]	D4dipolo EM Pr PR ¿cuál es la carga neta encerrada?	[D30_M]
			

Fuente: Elaboración propia

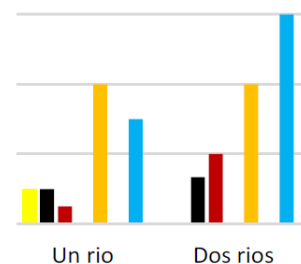
8.3.12.2 *Modos comunicativos en Flujo utilizados por Montse.*

En la tabla 8.32 se muestran los modos comunicativos en el segmento [D01_M, D17_M] (escenarios: 1_M a 4_M) de la construcción de la expresión del flujo en función de la integral. Está formada por tres filas, la primera contiene el tablero modal que señala cómo aparecen los modos comunicativos en el tiempo; luego en la siguiente fila se encuentran dos gráficas de barra que describen la interacción entre los modos, la cual está alineada con la tabla de categorías para hacer corresponder los segmentos en el tiempo correspondiente; y finalmente en la parte inferior se encuentra la leyenda.

En el tablero modal, en el encabezado, se presentan los diecisiete episodios, con una breve descripción de lo que trata, subdividido en un total de **seis partes** cada parte agrupada en tres etapas: la introducción al tema de flujo, que contiene tres partes; flujo en el plano (dividida en dos partes) y una parte de flujo en superficie no plana. En la primera columna, se encuentran los modos comunicativos y las subcategorías que aparecen en la historia. En la última fila se colocan nuevamente los episodios enumerados D01_M-D17_M como guía.

➤ **Introducción. Escenarios 1_M y 2_M, representación del río [D01_M, D09_M].** Este primer segmento de nueve episodios, no tiene escritura ni dibujo, no hay uso de la pizarra. Destaca la representación, la gestualidad y la interacción con preguntas retóricas y preguntas con respuesta. Se subdivide en:

- **Parte 1: Escenario 1_M, representación de un río.** Formado por los cuatro primeros episodios en la Tabla 8.32. Está el uso de la representación evocando almorzar en un río, que combina la narrativa, con la gestualidad, la pausa, la onomatopeya y los estudiantes interactuando de manera espontánea. Y cierra con la pregunta ¿cómo se mide el flujo? En el esquema de barras en la parte inferior, se observa que destacan los modos de la representación y la gestualidad. (tesis 1 metáfora, tesis 2: cantidad de agua que pasa)



- **Parte 2: Escenario 2_M, representación de dos ríos.**

Ahora aumenta la complejidad de la representación con mayor gestualidad mímica y la narrativa enriquecida de onomatopeyas, y esto se observa en el aumento de las preguntas críticas (Ej. “¿Cómo medimos la cantidad de agua que pasa?”) lo que aumenta la interacción con respuestas de los estudiantes. En la tabla de categorías, Tabla 8.32. se observa en RIG2, *enlazados en rojo* los episodios D05_M y D06_M en

la categoría de representación, que persigue informar que Montse *repite* la representación de sumergir la espira en el río, luego de escuchar a los estudiantes el parámetro área, y repite para corregir y enfatizar que tienen la misma área. En el esquema de barras correspondiente, se nota el aumento de la representación, y destaca la interacción en rojo. (tesis 1, 2 y 3 forman la analogía)

- **Parte 3: Enlace de flujo en el río y flujo en electrostática.** Realiza el enlace del flujo del río y el flujo eléctrico, destacando las diferencias. En el esquema de barras es simple acompaña al discurso la gestualidad característica de Montse y la escritura del título para iniciar formalmente el tema, Ver Tabla 8.32. (tesis 4, contradicción)



- **Interacción de los modos comunicativos Escenarios 1_M y 2_M, representación del río.** En la tabla 8.32, se observa el esquema de barras cualitativo de los modos usados por Montse según los escenarios, para flujo donde la gestualidad es característico en las tres partes. La mitad de la historia (nueve episodios) está dedicada a la introducción al tema con la representación de medir el flujo en el río. Este segmento tiene la función de crear el ambiente de aula y atrapar la atención del estudiantado a un nuevo tema, como se observa destaca en la *representación a través de la narración detallada* (azul claro), *la gestualidad acompañada de la onomatopeya y el cambio de tono que aparecen sólo en este segmento* (ocre), y *que combina con la interacción con los estudiantes* (amarillo -negro- rojo). En esta introducción al tema [D01_M, D09_M], el episodio D06_M en el escenario 2_M, destaca como el momento de mayor intensidad con modos combinados y respuesta de los estudiantes. Todo este segmento de representación del río se caracteriza en el esquema de barras en la tercera fila de la tabla 8.32, con la representación, la gestualidad y la interacción. Y a diferencia de los dos escenarios siguientes presenta interacción, y pausa

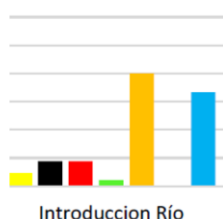
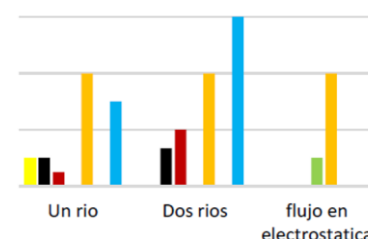
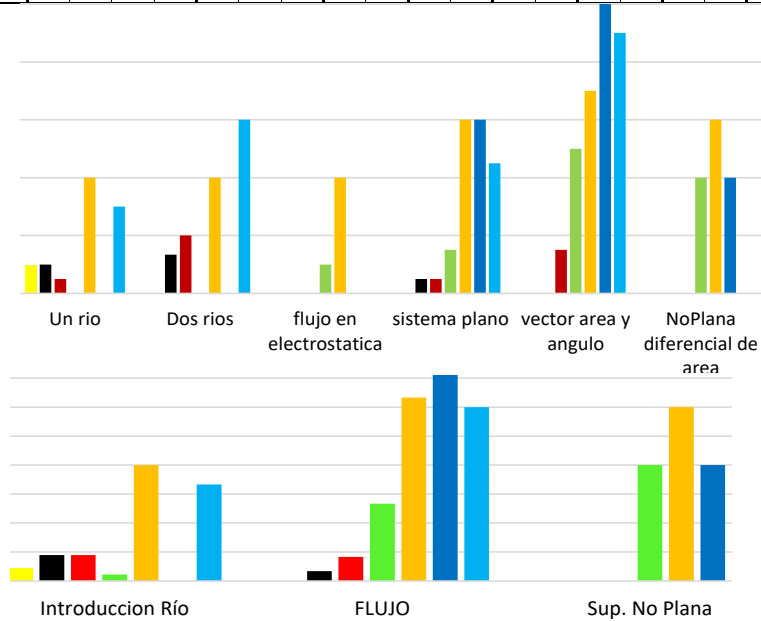


Tabla 8.32. Modos comunicativos de Montse en. Flujo eléctrico

Modo comunicativo		MONTSE: Desarrollo teórico: Flujo eléctrico [D01_P a D18_P] Sistema plano-LCE.																	
Modo/Partes		Flujo como fluido							electrostática		Flujo eléctrico -Plano- LCE-VA-0						superficie no plana		
		Un río ¿qué es un flujo?				Dos aros. ¿cómo lo medimos?			flujo		ecuación		dA		cosθ				
Episodios 1min		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	
Representación	ROD mov																		
	ROG																		
	ROD folio																		
	RIG2																		
	RIG1																		
Dibujo	D-2																		
	DS2																		
	DS1																		
Enlace	R→EM																		
	D→EM																		
	EM																		
Escritura	ENombr																		
	ESVect																		
	E																		
	ETítulo																		
Gestual	GC																		
	GN																		
	GA																		
	GNo																		
	GFtono																		
	pausa																		
Est																			
Verbal	PR																		
	PF																		
	Pr																		
	Habla																		
Episodios		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	

Interacción cualitativa de los modos para cada apartado



D→EM: enlaza dibujo y EM
R→EM representación - EM
EM: Escritura matemática
EN: uso de nomenclatura
ES: símbolo en la pizarra
ET: título en la pizarra

GA: gesto apuntador
GC: gesto conceptual
GF: gesto marcado al hablar
GN: gesto narrativo
GNo: gesto con Onomatopeya
ROD: Rep. con objetos sobre el dibujo

RIG: Rep. con mímica, gestos y desplazamiento DD: desarrolla el dibujo
Pr: Pregunta retórica, orienta la explicación
PR: Pregunta que espera y recibe, respuesta clara de la audiencia

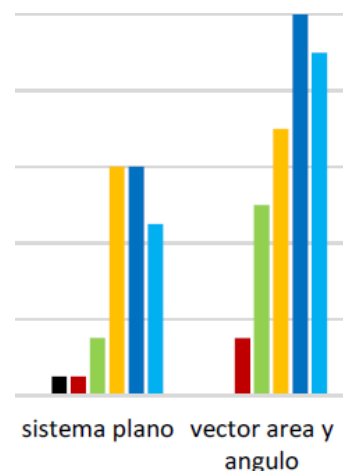
Fuente: Elaboración propia

➤ *Escenario 3_M. Concepto de flujo eléctrico [D10_M, D15_M].*

- **Parte 4: Escenario 3_M, definición inicial de flujo eléctrico en el plano.** Formado por cuatro episodios [D10_M, D13_M] Tabla 8.32. Inicia usando en paralelo el dibujo y la representación con el folio/mano sobre el dibujo y la mano como líneas de campo para crear la imagen tridimensional del sistema y de cómo medir el flujo de campo eléctrico, y realizar la pregunta retórica que la lleva a plantear el concepto de flujo descriptivo (tesis 5) y plantea la pregunta crítica ¿cómo hacemos esto? Luego en los siguientes dos episodios predomina el dibujo y la gestualidad cuando materializa al diferencial de área por donde pasa solo una línea de campo, para justificar el flujo como la integral del producto escalar (tesis 6) relacionando la expresión matemática con el dibujo (D→EM). En el esquema de barras se observa la combinación de modos usados, donde resalta el dibujo, la representación la gestualidad y la expresión matemática.
- **Parte 5: Escenario 3_M, Plano inclinado, definición matemática de flujo eléctrico.** Formado por D14_M y D15_M, Tabla 8.32. muestra los episodios de mayor interacción trabajando sobre un dibujo del plano inclinado (DS2), el folio que se mueve sobre este dibujo y la gestualidad para mostrar la perpendicularidad del vector diferencial de área (tesis 7). La mayor actividad se observa en D15_M con el movimiento del folio (ROD_{mov}) combinado con la escritura en la pizarra y la gestualidad (GA) para realizar los enlaces gráficos matemáticos (R→EM, D→EM), apareciendo el ángulo teta y justificando el flujo como la integral del producto campo, área, coseno de teta (tesis 8).
- **Interacción de los modos comunicativos en Flujo. Escenario 3_M.**

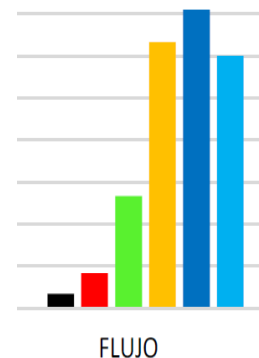
En la tercera fila de la tabla 8.32, se observa el esquema de barras de los modos usados por Montse en los seis episodios [D10_M, D15_M] del escenario 3_M, para flujo.

- **Interacción en el plano.** En el segmento del plano utiliza la pizarra con el dibujo y *la escritura (verde)*, el uso de la representación también característica en Montse (ver apartado 7.4) y la interacción dirigida a la búsqueda del *feedback (barras negra y roja)*; destacando D14_M y D15_M como de mayor intensidad de la explicación para la formulación matemática del flujo.



- **Interacción en el plano inclinado.** El segmento del plano inclinado puede caracterizarse según los esquemas de barras de la tercera fila, por la **representación usando el folio sobre el dibujo**, que sería la unión de las barras azules (D+R), **la gestualidad**, la **expresión matemática** y **algo de interacción** para realizar el feedback y verificar la atención del estudiante.

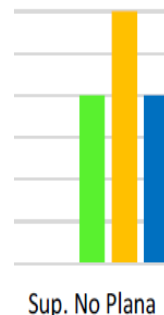
- **Interacción general Escenario 3_M.** En conjunto [D10_M, D15_M] destaca por **el dibujo** (barra azul oscuro), **la representación** (barra azul claro), y **la gestualidad** (barra ocre), es característico. En el segmento del plano utiliza la pizarra con el dibujo y **la escritura** (verde), el uso de la representación también característica en Montse (ver apartado 7.4) y la interacción dirigida a la búsqueda del *feedback* (barras negra y roja); y de toda la explicación.



En este escenario destacan D14_M y D15_M como los de mayor intensidad multimodal para la formulación matemática del flujo.

➤ **Escenario 4_M. Flujo eléctrico en superficie no plana [D16_M, D17_M].**

- **Parte 6: Escenario 4_M. Superficie no plana-amorfa.** En el segmento [D16_M, D17_M], Montse trabaja sobre el dibujo con vectores usando su nomenclatura (EN), la simbología gráfica (ES) para indicar perpendicularidad del vector área, que repite y con el rotulador y la gestualidad para destacarla; justificando así que la orientación de $d\mathbf{A}$ puede cambiar respecto al campo (tesis 9) y relaciona con la ecuación matemática planteada en el plano inclinado (tesis 10).
- **Interacción de modos comunicativos en flujo, Escenario 4_M.** En el esquema de barras de la Tabla 8.32, se resume la combinación de modos en tres: **gestos**, **escritura en pizarra** y **dibujo**.



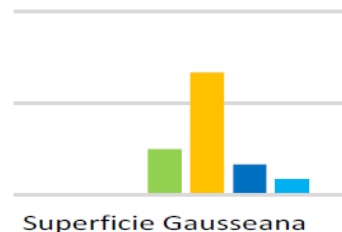
8.3.12.3 *Modos comunicativos en el enunciado de la ley de Gauss.*

En la tabla 8.33a, primera fila, se muestra el tablero modal con los modos comunicativos de Montse en el segmento [D18_M a D30_M] (escenarios: 5_M y 6_M) correspondiente al enunciado de la ley de Gauss. En la segunda fila se muestra el esquema de barras que representan la interacción de los modos por segmentos. En la tercera fila de la tabla 8.33a, se observa nuevamente el esquema de barras agrupados en función de los escenarios. Todos ellos describen los modos usados por Montse, para ley de Gauss donde la gestualidad es característico en las tres subdivisiones al igual que en el segmento de flujo.

En el tablero modal, en el encabezado, se presentan los episodios subdividido en un total de **seis partes**, con una breve descripción de lo que trata, agrupado en tres partes: la apertura o introducción a la ley de Gauss (*escenarios 3_M y 4_M del apartado anterior*), el ejemplo (dividido en dos partes: análisis y resolución) que termina enunciando la ley de Gauss (*escenario 5_M*), y finalmente la justificación de la ecuación de flujo inicial con la ley de Gauss (*escenario 6_M*).

➤ *Introducción a ley de Gauss [D18_M, D20_M],*

1. **Escenarios anteriores 4_M y 3_M: La definición de superficie gausseana** Formado por tres episodios [D18_M, D20_M], con la definición de superficie abierta, cerrada, gausseana con soporte en la pizarra usando la escritura para colocar el título “superficie gausseana” (ET) y dar características usando la nomenclatura (EN) y simbología (ES) (barra verde). Luego desarrolla la justificación (GN) sobre los escenarios anteriores con la gestualidad (GA) y la representación (barra azul claro) con el folio (ROD) sobre los dos escenarios anteriores dibujados plano y no-plano (barra azul oscuro) , para resaltar a través del diferencial de área, las diferencias entre superficie abierta y cerrada, y completar para el tercer episodio la introducción de la ley de Gauss como una de las cuatro (GC) ecuaciones de Maxwell, donde el discurso lo acompaña con su gestualidad (GN) (barra ocre).



- #### ➤ *Escenario 5_M: La carga puntual, superficie gausseana y flujo eléctrico [D21_M, D27_M].*
- El segmento del escenario 5_M se subdivide en a) selección de la esfera como superficie gausseana y b) determinación del flujo y formalización de la ley de Gauss.

2. **Escenario 5_M: La selección de la esfera como superficie gausseana.** Formado por tres episodios [D21_M, D23_M], es el segmento de mayor interacción gestual en este escenario, con el dibujo de los elementos en la pizarra, la escritura y el desarrollo matemático. En las tablas 8.33, se observan dos episodios con mayor combinación de modos (dibujo, escritura, desarrollo matemático, gestualidad, interacción con la pregunta crítica). En D21_M donde presenta el conjunto de premisas conocidas sobre la carga puntual positiva para desarrollar el dibujo, comportamiento gráfico de las líneas, expresión del campo eléctrico y con la gestualidad señalando sobre el dibujo destacar que el campo es el mismo para una misma distancia radial, lo que le sirve para enlazar en D22_M con la ecuación del flujo y plantear la escogencia de la superficie que tenga características que faciliten resolver la integral del flujo (tesis 16), hasta lograr justificar la selección de la esfera (tesis 17) en (D23_M) con una alta densidad de modos con el desarrollo del dibujo (esfera, vector área) y la gestualidad donde realiza las conexiones con la expresión matemática ($D \rightarrow EM$) del flujo y las entidades campo, área y ángulo para llegar a mostrar el comportamiento constante del ángulo y justificar así a la esfera como superficie gausseana.

3. **Escenario 5_M: La determinación del flujo a través de la esfera en cuyo centro se ubica una carga puntual.** Formado por cuatro episodios [D24_M, D27_M], caracterizado por el desarrollo matemático (EM) que finaliza con la determinación del flujo a través de la esfera (tesis 19) y la formalización de la ley de Gauss (tesis 20) y destacando a la carga como la carga neta encerrada en la Gausseana.

4. **Interacción de los modos comunicativos en ley de Gauss**
Escenario 5_M. En la tabla 8.33, se observa el esquema de barras que describe los modos usados por Montse en el escenario 5_M, para enunciar la ley de Gauss. El centro de la explicación es la determinación del flujo eléctrico en el sistema esfera y carga puntual, donde *destaca la escritura gráfica – matemática, y la gestualidad* para realizar las conexiones *dibujo*, desarrollo matemático y discurso que le dan coherencia a su explicación para formalizar la ley de Gauss.

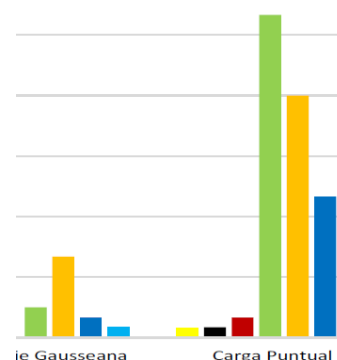
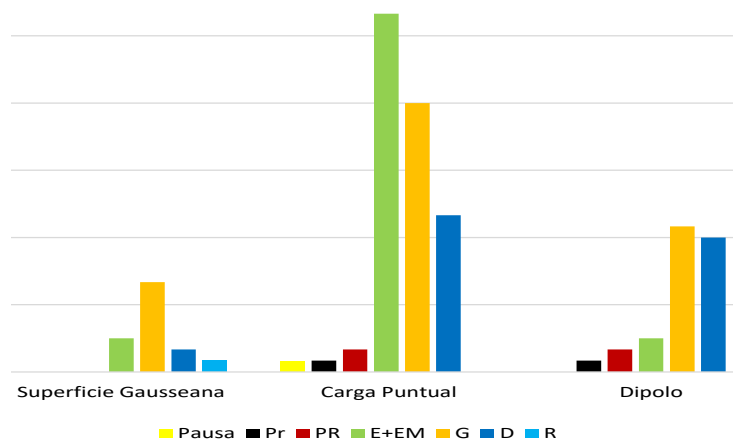


Tabla 8.33a. Modos comunicativos de Montse y ley de Gauss

Modo comunicativo		MONTSE: Desarrollo teórico: Ley de Gauss [D18_M a 30_M]												
		Sistemas: Carga Puntual - Dipolo												
Modo/Partes		Apertura LG			Ejemplo: Carga puntual - Ley Gauss							Justifica Ley de Gauss		
		Superficie Gaussiana	Ec.. M Maxwe		Análisis Gráfico			Resolución producto escalar				Dipolo y LCE		
Episodios 1min		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Representación	ROD folio													
	D4 dipolo													
Dibujo	D3carga					esfera	dA							
	Pizarra anterior													
Enlace	D→EM						3x							
	EM									LG				
Escritura	ENombre													
	ESVect													
	ETítulo													
Gestual	GC			cuatro									2x fuente sumidero	
	GN	envolvente		envolvente		envolvente	envolvente	envolvente						
	GA		5x		8x		4x	2x	3x	3x		6x	5x	
P	pausa													
Verbal	PR							2x						2x
	Pr													
	Habla													
Episodios		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Interacción cualitativa de los modos para cada apartado



ROD: Rep. con objetos sobre el dibujo
D: desarrolla el dibujo
D→EM: enlaza el dibujo con una expresión matemática
EM: Desarrollo Matemático

EN: Nomenclatura
ES: símbolo en la pizarra
ET: título en la pizarra
GC: gesto conceptual
GN: gesto narrativo
GA: gesto apuntador

P: Pausa
Pr: Pregunta retórica, orienta la explicación
PR: Pregunta con respuesta de la audiencia

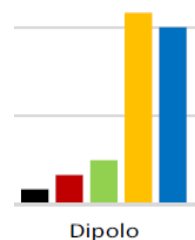
Fuente: Elaboración propia

➤ **Parte 5. Escenario 6_M: El dipolo, aplicación de la ley de Gauss para casos particulares.**

5. **Escenario 6_M: El dipolo como ilustración de la ley de Gauss [D28_M, D30_M].**

Formada por tres episodios [D28_M, D30_M] es una ilustración similar a la del Pere, con mucho detalle de las entidades carga, línea de campo y superficie Gausseana. Donde resalta el dibujo y la gestualidad para hacer el enlace con el concepto de flujo proporcional a la carga encerrada (flujo negativo cuando encierra a la carga negativa - tesis 12) (flujo positivo cuando encierra a la carga negativa tesis 13) (flujo cero si no encierra carga -tesis 14). Y finalmente en D30_M el episodio de mayor combinación de modos cuando realiza la demostración matemática.

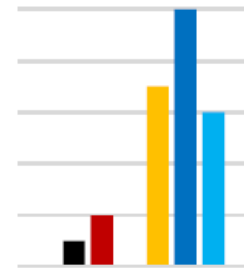
6. **Interacción de los modos comunicativos en ley de Gauss Escenario 6_M: El dipolo** representa la ilustración de cierre de la clase, que engloba los tres conceptos de flujo: a) el cualitativo por el número de líneas que atraviesan la superficie, b) el matemático proporcional al producto escalar, son paralelos pero el ángulo es 0° o 180° y c) el matemático proporcional a la carga neta encerrada; resaltando el trabajo de Montse con *el dibujo y la gestualidad*, que luego sirve de soporte al *desarrollo matemático*.



8.3.12.4 **Modos comunicativos de Montse aplicando Gauss en RP: Plano Infinito.**

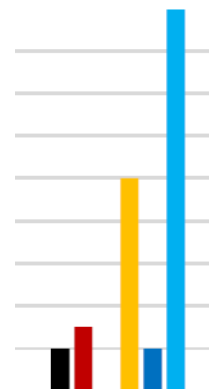
En el capítulo siete se presentó la historia explicativa de Montse, en una aplicación de la ley de Gauss para determinar el campo eléctrico generado por un plano infinito, la cual fue analizada con énfasis en la dimensión didáctica (apartado 7.4). En este apartado se estudia el comportamiento de los modos comunicativos de esta historia. En la tabla 8.33b se muestran los modos comunicativos en el segmento de esta explicación [E23_M, E34_M] (escenario 8_M). La primera fila, contiene el tablero modal con las categorías multimodales utilizadas en el segmento, la segunda y tercera fila presentan dos gráficos de barras modales con la interacción de modos comunicativos, realizado por completitud en esa búsqueda de elementos que caractericen las explicaciones. A continuación, se presenta un resumen de los modos comunicativo y la interacción en este escenario del plano infinito, clasificado en seis partes.

- **Escenario 8_M (1/6): el plano infinito. Introducción [E23_M, E24_M].** Formado por dos episodios (tablas 7.30 y 7.31). Montse inicia **preguntando ¿recuerdan cuando teníamos el plano cargado?** Y los estudiantes contestan, se escuchan participando un poco desordenado. Así hace la conexión a la entidad como conocida, para realizar el dibujo del plano, lo señala mientras presenta el problema, le da presencia al plano cuando lo abraza. Luego utiliza el folio, para materializar el plano con carga y su vista de perfil, desde una posición a otra, y realizar la siguiente figura en la pizarra (un dibujo en secuencia), que representa el plano en una vista de perfil. Montse sigue representando los elementos del sistema, en este caso a las líneas de campo que salen del plano, resalta su gestualidad al explicar, levanta el tono de voz, pregunta “¿cuál sería la superficie idónea para calcular el campo eléctrico?”, destaca su gesto con las manos en oposición los dedos en punta y el gesto narrativo cuando hace primero con los dedos saliendo del plano, y luego con las manos para representar el sentido y direccionalidad de las líneas de campo eléctrico.



Introduccion

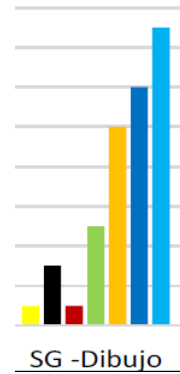
- **Escenario 8_M (2/6): el plano infinito [E25_M, E26_M]. SG + Libreta.** Formado por dos episodios (tablas 7.32 y 7.33). Montse *inicia* ¿cuál es la superficie gaussiana? Y utiliza la respuesta de los estudiantes (pregunta e interacción: negro y rojo) que dicen cilindro porque acababan de resolver la varilla infinita que, si los estudiantes no están atentos, pueden confundir la vista de perfil del plano con una varilla. Montse en E25_M, realiza la representación con objetos sobre la pizarra (azul claro), utilizando el folio ahora en forma de cilindro y lo coloca en forma vertical pero luego se percata de otra forma de representar y pide prestado un cuaderno de espiral, y lo muestra materializando allí el plano con el cilindro en el centro, e inicia en E26_M una explicación descriptiva utilizando el cuaderno de espiral y representando con la mano las líneas de campo y luego con el dedo índice representando al vector área sobre la espiral lo mueve sobre la espiral para indicar el vector área (azul claro), llama la atención un gesto narrativo que realiza con el objeto acompañado de la mímica, simulando que se caen folios del cuaderno. Se caracteriza por su gestualidad y la representación (ocre+ azul claro)



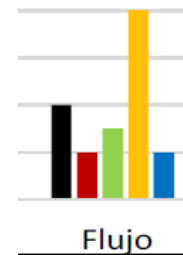
SG + Libreta

• **Escenario 8_M (3/6): el plano infinito [E27_M, E28_M]. SG + Dibujo.**

Formado por dos episodios (tablas 7.34 y 7.35). Montse en E27_M pasa a otra representación (azul claro) para desarrollar la interacción espacial de las variables del plano y la superficie gaussiana en cada posición. Montse utiliza la pizarra con el folio para repetir la interacción entre campo y vector área, sobre el dibujo de la pizarra, coloca el cilindro vertical, perpendicular al plano de la pizarra, horizontal, y en cada una gestualiza con el índice las líneas de campo que ya están dibujadas y el vector área, para ir descartando cada posición (tres posiciones en total). Hasta conseguir la posición adecuada para la gaussiana, y ahora continua E28_M indicando el comportamiento del flujo en cada parte del cilindro, en cada tapa, en el cuerpo.



• **Escenario 8_M (4/6): el plano infinito [E29_M, E30_M]. Cálculo del flujo.** Formado por dos episodios (tabla 7.35). se presenta la **cuarta parte** de la historia con E29_M, el trabajo con la pizarra anterior, para relacionar la ecuación con lo analizado sobre el dibujo, para luego realizar el desarrollo matemático para el flujo.



• **Escenario 8_M (5/6): el plano infinito [E31_M, E33_M]. Cálculo de la carga neta.**

Formado por tres episodios (tablas 7.36, 7.37 y 7.38). A partir de E31_M Montse inicia la explicación sobre el dibujo en la pizarra y el rotulador señalando los vectores, y desarrollando la expresión del flujo, y va preguntando para confirmar los resultados “¿sí o no?”, “exactamente ¿qué es lo que estoy haciendo?” buscando interacción en la definición de la zona encerrada por la gaussiana para definir la carga neta. Hace uso de los folios, los cuales dibuja sobre ellos las cargas positivas en el folio-plano, y el redondeo de intersección con el folio-cilindro, con el uso de la gestos apunadores, conceptuales y narrativos verifica “¿se entiende?, ¿okey?”, “¿por allá atrás, se vé?. ¿se entiende?”. Continúa en E33_M la representación con dos folios acompañado de la gestualidad y la pausa mostrando la zona del plano que contiene la carga neta.

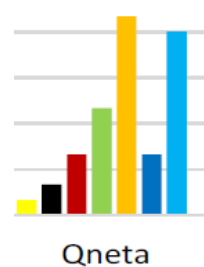
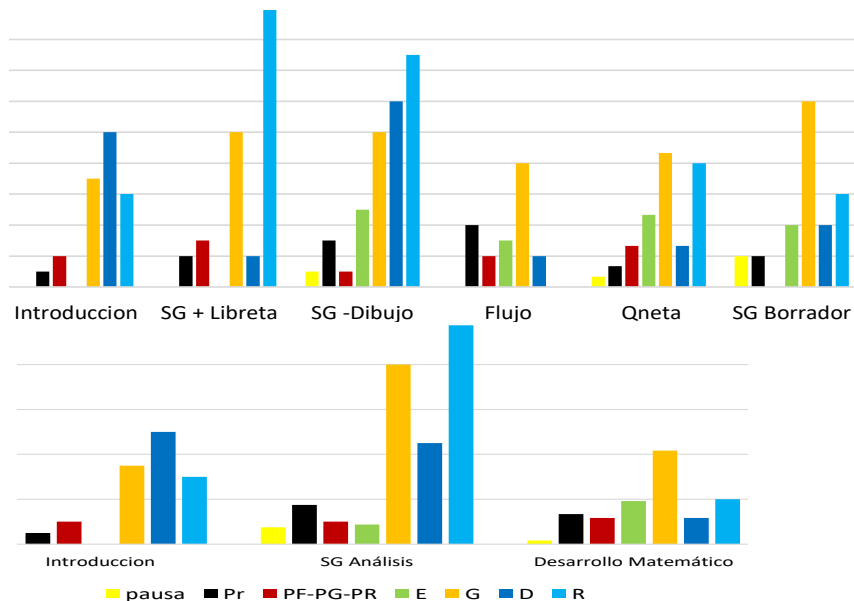


Tabla 8.33b. Montse: Modos comunicativos. Ley de Gauss y resolución de problemas.

Modo Comunicativo		MONTSE: Líneas de campo eléctrico y ley de Gauss. Resolución de problemas (RP): Campo eléctrico generado por un plano conductor infinito. Episodios [E23 al E34]												
		Introducción		SG Análisis - Cilindro				Desarrollo matemático del flujo				SG Análisis		
		¿cuál SG es idónea?		El cilindro folio-Libreta		SG paralelo a X.Y.Z		Flujo		Carga neta		SG Borrador		
Episodios Imin		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
Representación	ROD					Folio cilindro							Borra dor-rotula dor	
		Folio plano	Folio cilindro	Folio cilindro										
	ROG			libreta	libreta		Folio cilindro				Folio-folio	Folio-folio cuerpo		
Dibujo	DS-2													
	DS-1													
Enlace	R→EM													
	D→EM													
	EM													
Esc.	ENombe													
	ESvect													
Gestual	GNo													
	GC													
	GN		2x		3x	3x						3x		
	GA				3x	3x			5x	3x			6x	
	GFono													
	pausa					•						•	•	
Pregunta	PR			3x										
	PF							2x				2x		
	Pr			2x			2x	2x	2x					
V	Habla													
Episodios		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	

Interacción cualitativa de los modos para cada apartado



ROD: Rep. con objetos sobre el dibujo
 ROG: Rep. con objetos, gestos y desplazamiento
 DS: Dibujos en secuencia. DS1, DS2
 D→EM, R→EM enlaza el dibujo/representación con EM

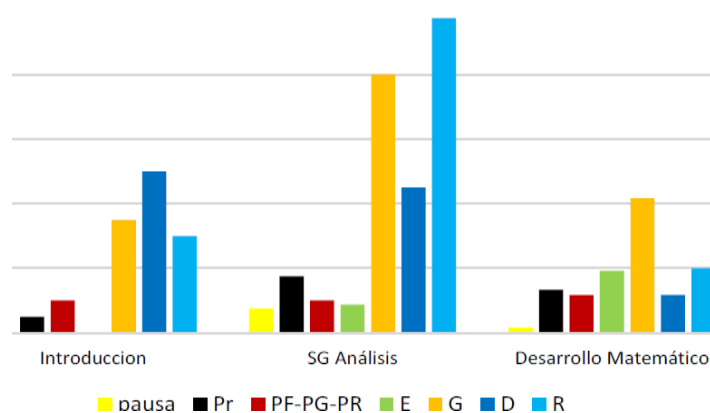
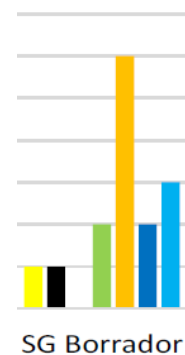
EM: Lenguaje matemático
 EN: escribe nombre
 ES: símbolo en pizarra
 GA: gesto apuntador
 GC: gesto conceptual

GN: gesto narrativo
 GNo: gesto de la onomatopeya
 GF: gesto marcado al hablar
 PF: Pregunta *feedback*, atenta a la reacción de la audiencia, censa clima del aula
 PR: Pregunta que espera y recibe, respuesta clara de la audiencia
 Pr: Pregunta retórica

Fuente: Elaboración propia

- **Escenario 8_M (6/6): el plano infinito [E34_M]. SG + Borrador.**

Formado por un episodio (tablas 7.39), Luego de determinar el campo eléctrico, con el desarrollo matemático (verde), Montse toma el borrador “*si yo hubiera puesto un paralelepípedo ¿también hubiera servido?, ¿verdad?*” (negro) y hace una pausa (amarillo), para luego realizar una dinámica con la representación (azul claro) con el borrador como superficie gausseana, el dibujo en la pizarra (azul oscuro) y el rotulador, la gestualidad (ocre) con las manos, los dedos, para destacar los elementos del flujo sobre la gausseana y señala la ecuación (verde).



- **Interacción de los modos.**

En la tabla 8.33b se muestra la tabla de categorías de modos comunicativos de la historia presentada en el apartado 7.4 del capítulo siete [E23_M, E34_M], llamado escenario 8_M, y la gráfica de barras que describe la interacción multimodal con el fin de ampliar la visión de los modos comunicativos utilizados por Montse. En la segunda fila de la tabla 8.33b se describe la interacción multimodal del segmento, agrupando las seis partes descritas, donde en todas destaca la representación con objetos, la gestualidad y el uso de la pregunta para buscar la interacción o recibir el *feedback*.

En la explicación del plano infinito se observa una alta intensidad en dos momentos: la parte 3/6 *con el cilindro en las tres posiciones sobre el dibujo en la pizarra* [D27_M, D28_M], al final de la parte 5/6 *al materializar la carga neta y la resolución matemática* [D33_M] y en la parte final *con el borrador como superficie Gausseana* [D34_M] con siete modos actuando en conjunto para construir significados.

En la tercera fila de la tabla 8.33b se agrupan las interacciones según el propósito, a) la introducción, b) las superficies Gausseanas y c) el desarrollo matemático con el concepto de flujo y carga neta. El trabajo más arduo a nivel multimodal se observa en la figura central, cuando realiza el análisis de la superficie Gausseana para responder mediante el análisis y la representación ¿Cuál es la superficie gausseana idónea?, ¿es independiente de la forma en que se coloque?, ¿y si en vez de un cilindro se selecciona un paralelepípedo como superficie gausseana?

8.3.13 Interacción de los modos comunicativos de Montse

En la tabla 8.34 se presenta la síntesis descriptiva del comportamiento de los modos comunicativos observados en la clase de Montse para el concepto de flujo y para el enunciado de la ley de Gauss, con algunas características observadas en el uso de los modos al igual que en la combinación de ellos. Se pueden describir desde diferentes puntos de vista:

➤ *Según las categorías que agrupan los modos, tenemos:*

1. **La interacción y la pregunta crítica.** Montse es la que presenta mayor cercanía con los estudiantes, se observa en su desplazamiento y su estrategia de interacción. Montse es de provocar la interacción, para introducir los temas con la narrativa cotidiana, o dentro de la explicación introduce frases que denotan su buen sentido del humor (E25_M), agregando onomatopeyas, ironía (D02_M), observándose sólo en ella, la participación espontánea de los estudiantes riéndose o quejándose. Respecto a la pregunta crítica, la utiliza para crear controversias y hacerlos pensar.
2. **La gestualidad.** Es la característica central de Montse, y lo hace muy bien, todo lo representa o materializa de alguna manera soportada en una gestualidad narrativa que dibuja en el aire las entidades. Se observó el uso de GA, GC, GF, GN, GNo. Predomina la gestualidad tipo apuntador con el dedo o abrazando tipo corchetes. Aunque utiliza la gestualidad conceptual, (sumidero, fuente, uno, cuatro) y la gestualidad narrativa para la representación de objetos imaginarios.
3. **La escritura.** No es en lo que destaca, sin embargo, presenta las características de un docente: escribe el título del tema o del enunciado del problema, utiliza la

nomenclatura, la simbología y es coherente en la escritura gráfica con la matemática (ET, ES, EN, EM). Todos los vectores están identificados correctamente. Quizás, le puede faltar un poco más de formalidad en el planteamiento del problema, aunque pudo ser por estar cansada y estaba centrada en retener la atención de los estudiantes y que le alcanzase el tiempo para completar su explicación. En el capítulo siete y ocho no destaca la escritura descriptiva (E), sin embargo, la utilizó en el capítulo seis con la carga eléctrica.

4. **Los enlaces.** Montse realiza los enlaces entre el dibujo y la expresión matemática ($D \rightarrow EM$), la representación y la ecuación matemática ($R \rightarrow EM$). Este enlace se realiza en su discurso, a través de su discurso combinado con la gestualidad, bien sea el gesto apuntador, o el *abrazo* para acotar al dibujo o la ecuación.
5. **El dibujo** es utilizado como soporte en casi todos los escenarios para la construcción de significados, excepto en la introducción de tema (Ej el río y la carga eléctrica) y en las propiedades de la carga visto en el capítulo seis. En el uso del dibujo se observaron los siguientes tipos: a) el **dibujo sencillo** (superficie no plana, la carga puntual,) para destacar comportamiento entre entidades (D), b) **el desarrollo de la explicación a través del desarrollo del dibujo** (DD), agregando elementos a medida que avanza la explicación (dipolo), c) mucho menos elaborado que los anteriores se observó el uso del **dibujo en secuencia** (DS) y son más utilizado como fondo de la representación con objetos sobre el dibujo (el plano inclinado, plano infinito con el cilindro), que sigue a continuación.
6. **La representación.** es la protagonista para la construcción de significados en la explicación de Montse. Utiliza la representación: a) **recreación del imaginario a través de la narrativa y la onomatopeya** (RIG), utilizada al inicio de un tema o como apertura de una clase, acompañada de la narrativa del hacer cotidiano b) **representación con objeto sobre el dibujo de la pizarra** (ROD), en el desarrollo inicial del plano antes de realizar el dibujo de perfil, y al final del segmento de flujo en el plano, se observa que le agrega movimiento presentando tres inclinaciones del folio (RODmov), c) **representación con objeto gestualidad y desplazamiento** (ROG), realizado para construir el concepto de flujo, y luego con la carga neta, usando dos folios, (en el capítulo seis se observa con las bolas de poliespan cargadas).

- **La combinación de modos.** Montse, combina de formas diferentes los recursos multimodales en su explicación. Se distinguen tres momentos:
- *La apertura del tema y la preparación cognitiva y emocional* del estudiante. Con el inicio de clases con la carga eléctrica en el capítulo seis, y luego en este capítulo finalizando la hora de clase cuando realiza el segmento introductorio con el río, para llevarlos al tema del flujo, se resalta en Montse la importancia de integrar a los estudiantes emocional y cognitivamente a su explicación.
 - *En la resolución de problemas* muestra una gran interacción combinando múltiples modos y utilizando la representación con objeto.
 - *En la construcción del concepto de superficie gaussiana, reconociendo si la superficie elegida es o no, gaussiana y cómo influye la posición.* Destaca la rapidez en los cambios de representación, acompañados de preguntas para crear controversias, y aunque algunos responden correctamente, continua para asegurar que todos comprendan, revistiendo de una gran importancia el análisis para la selección de la superficie gausseana y su correcta colocación.
 - *En el ejemplo del dipolo donde formaliza la ley de Gauss,* realizando conexiones entre entidades: carga con flujo eléctrico, flujo con las entidades de electrostática (carga, líneas de campo, campo eléctrico, superficie cerrada) flujo de superficie cerrada con la definición descriptiva, con la de producto escalar y finalmente proporcional a la carga. Destaca que combina el dibujo con la gestualidad para resaltar el ángulo entre los vectores, y luego finaliza con la formalización matemática que demuestra lo antes justificado de forma gráfica.
 - *Cuando hay una complejidad de entidades nuevas que interactúan para formar otro concepto nuevo.* Con el plano inclinado y la definición de flujo como producto escalar. Se observa la intensidad en la interacción con la representación del plano-folio sobre el dibujo, y la gestualidad para justificar las expresiones matemáticas del producto escalar, materializando los elementos: líneas de campo, elemento de área, vector área, ángulo teta, y justificar con ellas la definición.
 - *No todo lo escribe, pero si todo lo materializa.* Para Montse es importante que el estudiante vea el concepto o entidad, ella crea una imagen con la narración o con la representación con objetos.

Tabla 8.34. Montse y la interacción de los modos comunicativos

Pregunta e Interacción	Gestualidad y	Escritura	Dibujo	Representación
Pr Utiliza la pregunta retórica (Pr) para recibir feedback y provocar controversia, generando participación	Es la característica central de Montse. Todo lo representa o materializa de alguna manera soportada en una gestualidad narrativa que dibuja en el aire las entidades Realiza el enlace de la ecuación matemática con el dibujo, a través del gesto GA	Utiliza la escritura del título (ET) del tema o del enunciado del problema, utiliza la nomenclatura, (EN) la simbología (ES) ϕ_E , y es coherente en la escritura gráfica con la matemática. Todos los vectores están identificados correctamente. (E y R) No todo lo escribe, pero si todo lo materializa	El dibujo es utilizado como soporte en casi todos los escenarios para la construcción de significados. Utilizó el dibujo simple (D) , para destacar comportamiento entre entidades (superficie no plana, la carga puntual)	ROD- RODmov - ROG- RIG La representación es el centro para construir significados y provocar la interacción. La recreación del imaginario a través de la narrativa y la onomatopeya del hacer cotidiano (RIG) , al inicio de un tema o como apertura de la clase.
Pr –PR-ROD-EM-G Con el plano inclinado se observa la intensidad en la interacción, con el folio sobre el dibujo, y la gestualidad para justificar las expresiones matemáticas del producto escalar, materializando los elementos (D15).	GA, GC, GF, GN, GNo. Predomina la gestualidad tipo apuntador sobre la pizarra con el dedo o abrazando tipo corchetes (igual a Pere). Utiliza la gestualidad conceptual, (sumidero, fuente, uno, cuatro) y la gestualidad narrativa para la representación de objetos imaginarios	D→ EM Los elementos sobre el dibujo se relacionan con la escritura matemática, tienen nombre y se distinguen si son vectores. R→ EM Relaciona los elementos de las representaciones con el desarrollo matemático, flujo, carga neta.	(DD) con el dipolo, agregando elementos a medida que avanza la explicación. Mucho menos elaborado se observó el uso del (DS) , son más utilizado como fondo de la representación con objetos sobre el dibujo.	La representación con el folio sobre el dibujo del plano (ROD) , a) al inicio del plano para hacer el enlace al siguiente dibujo de perfil, b) al darle movimiento al folio sobre el segundo dibujo del plano presentando tres inclinaciones (RODmov) , c) folio-folio (ROG) , para construir el concepto de flujo, y con la carga neta.
Pr- D-EM-G Al desarrollar el campo para la carga puntual y la justificar superficie gaussiana (D21, D23) intensidad modal y rapidez PR, Pr, RODx3 G Pausa ¿si colocamos el cilindro así? (x, y, z) E27	GA-DD-EM En el Dipolo, combina el dibujo con la gestualidad para resaltar el ángulo entre los vectores, y luego finaliza con la formalización matemática que demuestra lo antes justificado de forma gráfica.	Respeto y usa escritura vectorial (EV) (identificando cada vector dibujado y coloca la flechita arriba a la variable vectorial) EM - Es formal al expresarse matemáticamente.	folio-folio ROG EM G PF Pausa Aumenta la intensidad de modos, cuando hay una complejidad de entidades que interactúan para integrar otro concepto nuevo. La carga neta en el concepto de flujo (E33)	repetición multimodal , repite con otros elementos Destaca la rapidez en los cambios de representación , acompañados de preguntas para crear controversias, revistiendo de una gran importancia el análisis (selección y colocación de SG).

Fuente: Elaboración propia

8.4 Laura y el Flujo eléctrico:

Laura inicia su espacio de clases con la construcción de la historia de flujo eléctrico, que abarca los episodios que representan una hora aproximadamente. En este apartado se presenta la explicación de Laura, comprendida en las tablas 8.35 hasta la tabla 8.40, que abarcan los episodios del D01_L al D23_L, con una duración aproximada de veinte minutos, clasificadas de en cinco bloques, según los escenarios, que se componen de los apartados de esta sección, según la manera siguiente:

- Apertura (sin escenario).
 1. Introduce flujo eléctrico conectándola con otras historias aun no construidas. Episodios [D01_L a D02_L] (tabla 8.35)
- Flujo en el sistema dibujado: plano y campo uniforme (escenario 1_L).
 2. El sistema plano y el vector área. Episodios [D03_L a D06_L] (tabla 8.36)
- Flujo a través de la carpeta inmersa en un campo uniforme en el aula (escenario 2_L)..
 3. La construcción de un escenario imaginario y la carpeta. Episodios [D07_L a D08_L] (tabla 8.37)
 4. Flujo a través del plano, la carpeta. la representación con objetos. Episodios [D09_L a D10_L] (tabla 8.38)
 5. y [D11_L a D12_L] (tabla 8.39)
- Flujo a través del plano inclinado, dibujado en secuencia, usando el escenario de la carpeta para el andamiaje en la visión espacial (escenario 3_L).
 6. El sistema plano y las líneas de campo, visto desde arriba. Episodios [D13_L a D14_L] y el sistema de la carpeta para ayudar la visualización [D15_L] (tabla 8.40)
 7. El plano en secuencia, girando el plano. Episodios [D16_L a D17_L] (tabla 8.41)
- Flujo a través de una superficie no plana, la integral (escenario 4_L).
 8. Una superficie no plana. Episodios [D18_L a D19_L] y la explicación de Laura hasta ley de Gauss. Flujo para una superficie amorfa. Episodios [D20_L a D23_L] (tabla 8.42).

8.4.1 Apertura. El flujo eléctrico y otras premisas aun no construidas.

Laura hace las conexiones entre los conceptos o premisas que aún no ha construido y el concepto de flujo eléctrico. En la tabla 8.35, se puede ver la explicación de este apartado dispuesto en tres filas.

En la primera fila, episodio D01_L, Laura realiza la *preparación de la audiencia a lo que vendrá*, “vamos a ver la ley de Gauss”, e inicia con una *anticipación de contenido* nombrando por primera vez a las **leyes de Maxwell** y la **ley de Gauss** y relaciona esta última como la primera de las ecuaciones de Maxwell; cuando afirma: “Vamos a ver hoy la ley de Gauss, siendo esta primera de las ecuaciones de Maxwell, ¿okey?” (*tesis 1*); y luego *introduce una nueva entidad*: “Pero antes de enunciar la ley de Gauss, vamos a hablar de una magnitud física que está estrechamente **vinculada con el campo eléctrico y, en particular con el número de líneas de campo que atraviesan a cualquier superficie**”. Laura trae a la explicación las *premisas*: **líneas de campo, campo y superficie** relacionadas con el concepto nuevo.

En la segunda fila de la tabla 8.35, episodio D02_L, Laura *da presencia a la nueva entidad flujo*, cuando la presenta con un tono de voz y habla de forma remarcada (*gesto facial al hablar*), como si estuviese dictando cada palabra, para presentar ese concepto nuevo, **el flujo**, “esa magnitud física que es proporcional al número de líneas que llegan, que salen, o penetran o que entran a la superficie precisamente se conoce con el nombre de flujo eléctrico”. (anuncia la *tesis 2* de flujo descripción cualitativa)

En D02_L, Laura *prepara a la audiencia*, cuando anticipa con la *estrategia de escribir en la pizarra*, y le *da presencia a la entidad de flujo*, cuando escribe el título, la nomenclatura, su simbología y descripción de esta nueva entidad, “vamos **a definir primero...(..)**”, y se dirige a la *pizarra para copiar*, “**Flujo eléctrico fi sub e**”, con su símbolo ϕ_E (*preparación de la audiencia*). Luego, *escribe de forma resumida su definición*, o sea *construye la entidad*, mientras la dice verbalmente: “**el Flujo eléctrico es una magnitud escalar que es directamente proporcional al número de líneas de campo eléctrico que atraviesan a una superficie**”. Laura establece así, la *Tesis 2* que ya había anticipado en (D01_L) y que ahora enuncia como el **concepto descriptivo cualitativo de flujo eléctrico a través de la definición que escribe en la pizarra**. Da la idea de flujo a partir de las líneas que fluyen (pasan) a través de la superficie desde la fuente para terminar en un sumidero de carga y que se pueden contar. Laura realiza la


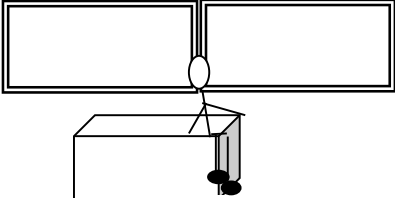

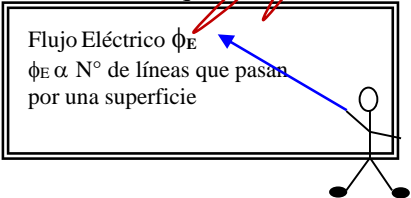
construcción de la entidad flujo eléctrico como se suele hacer en muchas clases, que es *iniciar por la definición de una magnitud indicando a qué tipo de magnitud física* (escalar o vectorial) corresponde.

Laura es muy formal al emplear el vocabulario, siguiendo la estructura de la definición en D02_L al redactar iniciando con el tipo de magnitud física. Ella escribe en la pizarra para *preparar a la audiencia* y *dar presencia al concepto o entidad*, enfatizando el nombre del concepto, y su nomenclatura antes de dibujar el sistema. Laura al hacerlo, realiza dos procesos acostumbrados para el estudiante: a) cambiar del verbo (fluir, o pasar) a la frase nominal escrita en la pizarra “Flujo eléctrico”, y b) la simbolización, de tal manera que el concepto ahora se presenta acompañado de su nomenclatura “ ϕ_E ”, que será usada luego en las expresiones matemáticas.

En la tercera fila de la tabla 8.35, episodio D03_L, Laura continúa con *la preparación de la audiencia*, presentando y *anticipando una nueva entidad **flujo magnético***. Laura *hace conexiones con conceptos que aún no ha construido*, relaciona el concepto de flujo eléctrico *con un nuevo concepto que verán en otra unidad* flujo magnético, campo magnético: “porque más adelante **vamos a definir el flujo magnético que tiene que ver con el número de líneas de inducción de campo magnético** que atraviesan a cualquier superficie”. Es importante recordar que, en el capítulo anterior, (apartado 7.2.7, tabla 7.10, episodio B16_L) Laura realizó la misma estrategia de anticipar premisas y presentó el campo magnético y las líneas de campo magnético haciendo analogía para la construcción de significados de las líneas de campo eléctrico; dicho esto se interpreta (D03_L) como una analogía para convencer a los estudiantes sobre las líneas de campo eléctrico, que supone que las líneas de campo magnético ya son conocidas de curso o clases anteriores, y “visibles” para sus estudiantes (*premisa*: existen y son visibles). Se identifica entonces un *argumento por analogía* para convencer de la **Tesis 2** o *definición descriptiva* de flujo eléctrico.

Finalmente, en este episodio (D03_L), Laura *regresa al escenario* de campo eléctrico, y le *da presencia con el dibujo del sistema plano (Escenario 1_L)*. Laura inicia la representación en la pizarra de una superficie rectangular *anticipando los elementos y revistiendo de presencia de segundo orden* al describirlos de forma detallada mientras lo dibuja: “**vamos a suponer que tenemos un campo eléctrico “e” uniforme representado por líneas de campo eléctrico uniformemente** (dibuja líneas paralelas) **espaciadas**, y tengamos en el interior de ese campo eléctrico uniforme **una superficie plana rectangular**”.

Tabla 8.35. Episodios D01_L a D03_L. Laura: Presentación del flujo eléctrico

Laura: Apertura de la clase. Conectando el flujo eléctrico, la ley de Gauss y las ecuaciones de Maxwell. Episodios [D01_L-D03_L]	
Descripción de la explicación	Recursos: discurso verbal + escritura en la pizarra con simbología matemática (pizarra verde). (pizarra blanca)
<p>[D01_L] 2:20 (<i>Es el inicio de la clase, se desplaza hacia el frente y luego se sienta en el escritorio</i>) Vamos a ver hoy la ley de Gauss siendo esta la primera de las ecuaciones de Maxwell. ¿okey? Que ...vamos a ir viendo dentro de la teoría...</p> 	
<p>y yo les voy a ir enumerando cuáles son las ecuaciones que conforman las leyes de Maxwell, y la primera ecuación (<i>mira a cada lado</i>) de las leyes de Maxwell es precisamente la ley de Gauss... ¿está claro?</p> <p>(<i>se dirige al centro de las pizarras</i>) hoy ... antes de enunciar la ley de gauss, vamos a hablar de una magnitud física que está estrechamente vinculada con el campo eléctrico y en particular con el número de líneas de campo que atraviesan a cualquier superficie...</p>	
<p>[D02_L] 2:21 ... (<i>se sienta en el escritorio mientras habla “dictando”</i>) esa magnitud física que es proporcional al número de líneas que <u>llegan, que salen, o penetran o que entran a la superficie precisamente se conoce con el nombre de flujo eléctrico...</u> (<i>se levanta y va hacia la pizarra</i>) vamos a definir primero lo que es el flujo eléctrico (<i>un alumno entra dando las buenas tardes y ella le contesta: “buenas tardes”</i>) Flujo eléctrico fi sub e. (<i>gira hacia el alumnado...siempre trata de hablar mirándolos</i>) el Flujo eléctrico es una magnitud escalar que es directamente proporcional</p> <p>(<i>escribe ϕ_E y señala en la pizarra</i>) este subíndice nos va a indicar que nos estamos refiriendo al flujo, al número de líneas que atraviesan una superficie si esas líneas provienen de una fuente o desembocan en un (<i>se sienta</i>) sumidero de carga,</p> <p>se refiere precisamente al número de líneas de campo eléctrico que atraviesan a una superficie</p>	<p>Lado izq. de la pizarra acrílica. Escribe el título, dice verbalmente lo que <i>escribe...</i></p>  
<p>[D03_L] 2:22 ... porque más adelante (<i>se levanta y se desplaza</i>) vamos a definir el flujo magnético que tiene que ver con el número de líneas de inducción de campo magnético que atraviesan a cualquier superficie (<i>vuelve a la pizarra</i>)</p> <p>(<i>escribe mientras habla</i>) El Flujo eléctrico es proporcional al número de líneas... que pasan... por una superficie (<i>gira y mira hacia los estudiantes</i>) (<i>pausa</i>) vamos a suponer que tenemos un campo eléctrico “e” uniforme (<i>dibuja</i>) representado por líneas de campo eléctrico uniformemente (<i>dibuja líneas paralelas espaciadas...</i> (<i>gira y mira hacia los alumnos</i>) ...y tengamos en el interior de ese campo eléctrico uniforme una superficie plana rectangular (<i>busca los rotuladores</i>) “vamos a ponerlos aquí” (<i>los ordena en la pizarra y sigue dibujando</i>)</p>	

Fuente: Elaboración propia

En el episodio D03_L, Laura: a) anuncia la creación de una *nueva entidad* “flujo magnético” y como que los estudiantes ya saben de las líneas de inducción magnética, la estrategia de convencimiento de Laura sobre el flujo eléctrico es por analogía a las líneas del flujo magnético definición que acaba de escribir de la definición de flujo eléctrico (*Tesis 2*), *argumento por analogía*; b) prepara a la audiencia dibujando el *escenario* y c) *refuerza significados al concepto de campo uniforme*, al añadir características al dibujo y destacarlas verbalmente “el campo es uniforme” y al dibujarlo como líneas paralelas igualmente espaciadas.

Laura ha dado la definición descriptiva cualitativa de flujo eléctrico, como necesaria para la comprensión de la ley de Gauss y la ha relacionado con la entidad de líneas de campo eléctrico y flujo eléctrico solo como contraste y preparación al tema de magnetismo que seguirá al de campo eléctrico (*premisa anticipada*). Y sigue con el flujo eléctrico dibujando un primer escenario de campo eléctrico uniforme, con una superficie plana atravesada por las líneas del campo eléctrico, preparando los siguientes episodios que conducirán a la ley de Gauss.

8.4.2 El escenario dibujado del plano de la espira y líneas de campo eléctrico uniforme.

Laura inicia el desarrollo del concepto del flujo eléctrico dibujando en la pizarra la representación esquemática de un campo uniforme y el plano visto en tres dimensiones (**Escenario 1_L: plano en 3d y líneas de campo uniforme**). En la tabla 8.36, se observan los episodios D04_L a D06_L, donde Laura construye una nueva entidad, vector de área, con una descripción detallada de sus componentes utilizando la pizarra para escribir lo que habla.

En la primera fila de la tabla 8.36, episodio D04_L, Laura introduce la *definición de vector superficie*, “vamos a **caracterizar a toda la superficie plana con un vector superficie** que vamos a simbolizar con la letra **A**, como vector de superficie para una superficie plana (escribe) y **como vector tiene sus tres características**” (*Tesis 3*). Laura *utiliza la escritura con simbología* matemática para describir en la pizarra en forma secuencial las características de **A** (*elabora la entidad*), que le definen como vector: módulo, dirección y sentido, ordenados de arriba abajo en la *escritura en la pizarra (prepara la audiencia)*. Se interpreta este fragmento como un *argumento por autoridad* (por la autoridad como experta y profesora). Cuando Laura describe su sentido, *utiliza el rotulador* como estrategia para definirlo visualmente, *usando un gesto apuntador* moviendo el rotulador *apuntando perpendicular a la pizarra* (que representa a la superficie) y *con la tapa del rotulador* (que representa la punta del vector) *apuntando hacia*

los estudiantes extiende el brazo hacia los estudiantes *para resaltar* el sentido. La función del uso del rotulador es contribuir en la *construcción de la entidad vector área*, al expresar visualmente la direccionalidad y sentido que es “saliendo de la superficie”, o sea a *dar presencia* a este vector. Además, toda esta representación gráfica en la pizarra y la gestualidad con el rotulador ayuda a convencer sobre el significado de la entidad que se construye, o sea de la *tesis 3*, por lo que se *también se* interpreta como un *argumento de ilustración visual mediante representación gráfica* en la pizarra y gestualidad con un objeto, el rotulador.

En la segunda fila de la tabla 8.36, episodio D05_L, Laura *formaliza la segunda tesis del flujo eléctrico*, que *lo conecta matemáticamente a través del producto escalar* del campo eléctrico y a esta nueva premisa vector superficie. “**se define el flujo eléctrico a través de una superficie, como el producto escalar de E por A, $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$** ” (*Tesis 4*), y Laura *escribe la ecuación matemática en la parte superior derecha de la pizarra (prepara la audiencia con la escritura de la tesis 4 en la pizarra)*, que se muestra en la tercera fila de la tabla 8.36, encerrado en un círculo, con lo que le *da presencia*, convence por su autoridad como profesora de física (*argumento de autoridad*, por enlaces de coexistencia. Además, *da presencia al vector superficie*, al anticipar y dibujar luego, sobre el escenario, “**vamos a dibujar el vector de superficie en esta superficie, siempre formando 90° con la superficie**”, y dibuja un vector *saliendo del plano, destacando verbal y gráficamente su perpendicularidad, usando la simbología gráfico matemática* del recuadro en la unión del vector con el plano y *colocando el nombre al vector con su simbología* (A flechita arriba) (*elabora la entidad*). Esto se puede observar en la pizarra mostrada en la tabla 8.36, encerrado en un círculo sobre el dibujo del plano que *da presencia a esta entidad*. Y finaliza con una *pregunta retórica* para luego señalar en el mismo episodio al vector diciendo “¿este será quién?, **el vector superficie**”, que responde la misma profesora.

En la tercera fila de la tabla 8.36, episodio D06_L, Laura *describe las características de los elementos vectoriales del producto escalar* y destaca la uniformidad del comportamiento entre los vectores campo y superficie, cuando expresa “por supuesto, **como la superficie es plana y el campo es uniforme, el ángulo que forma el vector de superficie con el vector campo eléctrico, en cualquier punto de la superficie, siempre es el mismo**”, *Tesis 5* a desarrollar, en los siguientes episodios, (*preparación de la audiencia*). La *tesis 5* convence inicialmente mediante un *argumento de autoridad*, por enlaces de coexistencia. Seguidamente Laura le *da presencia a la entidad campo eléctrico uniforme*, con la misma *estrategia de anticipar y dibujar luego, sobre el escenario*. “**Vamos a dibujar un campo eléctrico E**”, dibuja el vector, y agrega detalles a medida que explica “que **por ser uniforme sabemos que el campo eléctrico es**

paralelo en este caso al eje X apuntando hacia la derecha”. O sea, recurre a la *escritura en la pizarra* y al *dibujo*. Se interpreta como un *argumento visual de ilustración* al convencer de la *tesis 5* al dibujar sobre el plano los vectores campo, área y ángulo, en la pizarra que añade la escritura de la simbología gráfico matemática, que identificar además un argumento *cuasi lógico matemático*. Laura en el mismo episodio (D06_ L) ubica de forma tácita el **eje de referencia X horizontal** y apuntando a la derecha, “**el ángulo que forma**, (señala en la figura) **este ángulo fi**”, que es el ángulo entre campo y área, afirmando la tesis “**el ángulo que forma el vector campo eléctrico con el vector de superficie A en cualquier punto que yo considere en el plano**, ...el ángulo entre el campo eléctrico “e” ... y la superficie **es constante**” (tesis 5). Laura así, justifica gráficamente la tesis de inicio del episodio, mediante un argumento de ilustración visual con la representación gráfica de las entidades matemáticas que intervienen y que dibuja en la pizarra. La pizarra que lleva realizada Laura, se incluye en la parte inferior derecha de la tabla 8.36, donde quedan enunciadas por escrito las premisas: flujo eléctrico (nombre, símbolo, definición y ecuación inicial), líneas de campo, vector de superficie (nombre, simbología, definición por modulo, dirección y sentido), campo eléctrico en la ecuación, y que sirve de preparación de la audiencia. En esa pizarra también se recoge la representación verbal y gráfica detallada del escenario para dar presencia a estas premisas de forma gráfica, utilizando líneas paralelas, plano, vectores, nombre para esos vectores, el ángulo entre los vectores.

En este segmento [D04_L, D06_L], Laura: a) construye la entidad vector superficie en base a la definición (*tesis 3*) y que se hace visible y se le *da presencia* con el dibujo y escritura en la pizarra (*argumento por autoridad del experto y argumento por ilustración*), b) presenta y construye significados para la segunda expresión del flujo como producto escalar de los vectores campo y área $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$ (*tesis 4*) que se hace creíble con un *argumento por autoridad*, y que se refuerza con la *representación gráfica* en la pizarra y la gestualidad que *le da presencia*, interpretado como un *argumento visual de ilustración*, c) refuerza significados para el campo eléctrico uniforme mediante la *representación de líneas de campo paralelas* de igual espaciado; d) aparece la *nueva entidad ángulo* entre los vectores y le da significado *gráficamente*; e) presenta la *tesis 5 del comportamiento constante del ángulo entre los vectores campo y área*, debido a que la superficie en este campo uniforme es plana, que justifica con la ayuda de la representación gráfica del plano y los vectores \vec{E} , \vec{A} en este caso particular (*argumento visual de ilustración / argumento visual cuasi lógico matemático*).

Tabla 8.36. Episodios D04_L- D06_L. Laura: Presentación del Vector Superficie.

Laura: El sistema plano y el vector de superficie Episodios [D04_L-D05_L]. El plano en vista espacial.	
Descripción de la explicación	Recursos: Dibujo + Escritura en la Pizarra + uso de simbología gráfico - matemática + rotulador
<p>[D04_L] 2:23 () Vamos a caracterizar a toda la superficie plana con un vector superficie que vamos a simbolizar con la letra A, como vector de superficie para una superficie plana (<i>escribe</i>) y como vector tiene sus tres características</p> <p>el módulo del vector de superficie representa o es... <u>el área de la superficie considerada</u>... <u>escribe el vector superficie tiene dirección perpendicular a la superficie</u>... considerada...</p> <p>(<i>escribe mientras habla</i>) y su sentido es siempre apuntando saliendo de la superficie... la punta del vector <u>saliendo</u> de la superficie. (<i>se gira y extiende el brazo sosteniendo el rotulador hacia los alumnos</i>)</p>	
<p>[D05_L] 2:24 (<i>se dirige al frente</i>) <u>El flujo eléctrico a través de un campo eléctrico uniforme</u> y (<i>regresa a la pizarra</i>) <u>una superficie plana</u> (<i>repite</i>) ...</p> <p>se define el flujo eléctrico a través de una superficie, como el producto escalar de E por A.... (<i>escribe</i>) vamos a dibujar el vector de superficie</p> <p>en esta superficie plana rectangular, siempre formando un ángulo de 90° con la superficie (<i>dibuja un vector saliendo del plano con un pequeño rectángulo en la base y la letra A flechita</i>) ...este ¿sería quién? (<i>se gira y mira al alumnado</i>) ... El vector superficie...</p> <p>(<i>dibuja</i>)...</p>	
<p>[D06_L] 2:25 (<i>se dirige al frente</i>) por supuesto como la superficie es plana ... ¿Okey? ...y el campo eléctrico es uniforme</p> <p>.... el ángulo que forma el vector de superficie con el vector campo eléctrico en cualquier punto de la superficie siempre es el mismo. (<i>regresa a la pizarra y dibuja</i>)</p> <p>vamos a dibujar ...un campo eléctrico "E"</p> <p>(<i>dibuja el vector con su nombre</i>) que por ser uniforme sabemos que el campo eléctrico es paralelo en este caso al eje X apuntando hacia la derecha.... el ángulo que forma, (señala en la figura) este ángulo θ, el ángulo que forma el vector campo eléctrico con el vector de superficie A en cualquier punto que yo considere en el plano, ...el ángulo entre el campo eléctrico "e" ... y la superficie es constante</p>	

Fuente: Elaboración propia

Laura hace ver las *premisas y tesis* 3, 4 y 5, y cómo van, *les da presencia* con el uso de la escritura descriptiva y del lenguaje matemático, del dibujo vectorial usando nombres, de la simbología gráfico matemática en el dibujo, de la pronunciación y la gestualidad.

8.4.3 La construcción imaginaria del escenario con una carpeta.

Una vez planteado el sistema base del plano y la expresión matemática del flujo como producto escalar, Laura en los episodios D07_L y D08_L, mostrados en la tabla 8.37, utiliza la estrategia de la repetición multimodal de lo dado anteriormente, reconstruyendo el escenario, pero fuera de la pizarra, utilizando la representación “teatral” mediada con objetos físicos e imaginarios, en el aula (**Escenario 2_L: carpeta y líneas de campo atravesando el aula**).

En la primera fila de la tabla 8.37, episodio D07_L, Laura *realiza una pregunta crítica* para hacerlos pensar, “fíjense bien, **vamos a pensar un momentito**, a ver **¿qué ocurre con el número de líneas que atraviesan a esa superficie?**”, inicia el segmento con *una pregunta para presentar la carpeta como su superficie*, “**supongamos que esa superficie es esto**” – muestra la carpeta. Laura *usa un objeto* (la carpeta) *representando un objeto de la física*, la superficie (*elabora entidad*), y *la hace ver, al darle realidad y darle una presencia de segundo orden*, al tomar la carpeta y moverse con ella al frente.

Laura continúa *presentando a las premisas que forman este nuevo escenario* “y que nos estamos refiriendo a un campo eléctrico uniforme (*premisa*), que **salen líneas de campo eléctrico de la pared que tenemos a la izquierda**, y que **llegan esas líneas de campo eléctrico a la pared que tenemos ¿cómo? a la derecha, uniformemente espaciadas...**”. Laura a través de su explicación acompañada de su *gestualidad y desplazamiento con la carpeta recrea la imagen de este escenario (prepara a la audiencia mediante “imaginar historias o cosas sorprendentes”)*: el aula, inmerso en un campo eléctrico uniforme. Se resalta la *repetición al enfatizar la representación hasta imaginaria del campo uniforme con líneas igualmente espaciadas*. En la tabla 8.37 [D07_L] se muestran imágenes de la actuación de Laura, la gestualidad de los brazos, el desplazamiento manteniendo la carpeta como centro al describir las líneas de campo que van de izquierda a derecha atravesando el aula de una pared a otra, y donde el plano es representado por una carpeta.

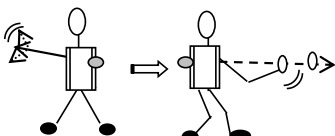

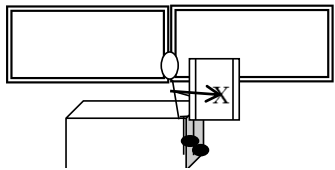
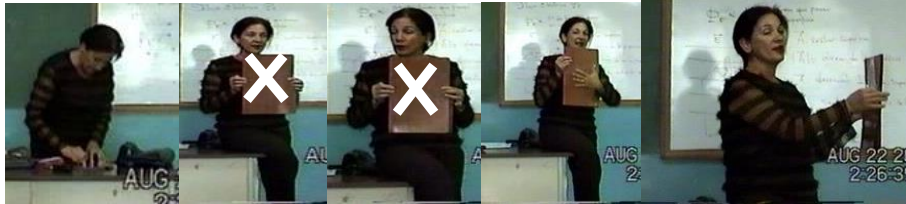
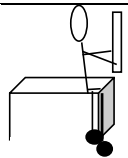
Laura *prepara a la audiencia*, atrayendo la atención de los estudiantes *con el uso de algún objeto* para ayudar a hacer “ver” *lo que es invisible*, así se va a facilitar la comprensión de la premisa de flujo que es *la tesis que se pretende*, guiando al estudiante iniciando con el concepto cualitativo (*tesis 2*) hasta la formalización matemática del concepto flujo (*tesis 4*).

En la segunda fila de la tabla 8.37, episodio D08_L, Laura *construye la entidad* “**cara externa de una superficie plana**”. Una vez *presentado el sistema carpeta-aula*, Laura se sienta sobre el escritorio, y escribe con tiza una "X" sobre la carpeta, y agrega: “**vamos a decir que esta X es mi cara externa** (..) por supuesto al hablar de una superficie plana hay **que definir cuál es la cara externa**” (*Tesis 6*) (*materializa la entidad que está construyendo, al escribir: X*). Laura muestra la carpeta en alto con la X marcada, y repite “la X va a ser **la cara externa de mi superficie**” (*representación “teatral” con objetos*), cierra con la *pregunta retórica*. “¿está claro?”.

La *tesis 6* se justifica con un *argumento de autoridad* (la profesora afirma la necesidad de concretar cual es la cara externa de la superficie atravesada por líneas de fuerza). Laura tiene el escenario imaginario descrito con el aula inmersa de líneas de campo, tiene a la carpeta que hace de plano, y con la entidad cara externa, que ha añadido, puede ubicar el vector área; completando así los elementos para iniciar la construcción del concepto de flujo desde la tesis 2, con la representación del plano y *la definición inicial de flujo*: “fijense bien, siempre **tenemos que pensar en el número de líneas que atraviesan a la superficie**” (*repetición, verificando la comprensión de la audiencia*). *Argumento visual por ilustración* mostrando la carpeta y gesticulando con ella en el espacio imaginario del aula lleno de líneas imaginarias. Mientras habla Laura *recorre con la mirada característica todo el auditorio para sondear sus ideas*.

Esta **necesidad de definir cuál es la cara externa de una superficie**, ya que los alumnos no la conocen, se puede interpretar como una tesis (*tesis 6*). Se define a partir de que el vector área en D04_L lo define saliendo de la superficie, y si la superficie es abierta, en este caso plana, tiene dos vectores posibles y opuestos por donde el vector área “sale”, por lo que define la cara externa y así logra fijar, el sentido a tomar para el vector área. La justificación de hecho es por un *argumento de autoridad* de la misma profesora que es quien la define. También podría interpretarse como un *argumento pragmático*, basado en la estructura de lo real por enlaces de sucesión ya que la cara externa se define *para fijar el sentido del vector área*, elemento necesario para conceptualizar y valorar el flujo eléctrico respecto a su comportamiento con las líneas de campo.

Tabla 8.37. Episodios D07_L, D08_L. La representación con Objetos en el aula.

Laura: El flujo a través de la carpeta, y el aula una región con campo uniforme Episodios [D07_L - D08_L].	
Descripción de la explicación	Recursos: Carpeta: el plano + líneas imaginarias que atraviesan el aula + gestualidad + X marcada
<p>[D07_L] 2:26 fíjense bien, vamos a pensar un momentico, a ver ¿qué ocurre con el número de líneas que atraviesan a esa superficie?... (toma una carpeta marrón plastificada)</p> <p>supongamos que <u>esa</u> superficie es <u>esto</u> (de frente al alumnado con la carpeta en su pecho) ... y que nos estamos refiriendo</p> <p>a un <u>campo eléctrico uniforme</u>, que <u>salen</u> líneas de campo eléctrico de la pared que tenemos a la izquierda (extiende el brazo derecho y señala moviendo la mano con los dedos en punta hacia la pared) y que <u>llegan</u> esas líneas de campo eléctrico... a la pared que tenemos ¿cómo? a la derecha...<u>uniformemente espaciadas</u>... (extiende el brazo izquierdo a su lado, con la mano abierta, cierra y extiende de nuevo el brazo hacia la derecha a la vez que se desplaza a la derecha)</p>	
	
	
<p>[D08_L] 2:26:20 vamos a disponer () la carpeta, nuestro plano (Se dirige al escritorio escribe una X en la carpeta) y vamos a decir que esta X es mi <u>cara externa</u>. (señala) ... por supuesto</p> <p>al hablar de una superficie plana ... hay que definir cuál es la <u>cara externa</u> ... la X va a ser la cara externa (pasa la mano abierta sobre la carpeta) de mi superficie... ¿está claro? Fíjense bien...<u>siempre tenemos que pensar en el</u> (inclina la espalda, agachando la cabeza para mirar a la izquierda) <u>número de líneas que atraviesan a la superficie</u>...</p>	
	
<p>muestra la carpeta con una "X", en el borde del escritorio... (mueve la carpeta de arriba abajo mientras habla, como acentuando las sílabas)</p>	
	
<p>si yo coloco a mi superficie ... (se yergue y coloca en alto la carpeta de perfil a los alumnos) de tal manera que la superficie forme ¿qué ángulo?</p> <p>¿la superficie forma qué ángulo con las líneas de campo eléctrico? (muestra) (Estudiantes: "¡noventa grados!")</p> <p>Noventa grados, ...es transversal a las líneas de campo eléctrico...y el vector de superficie... y el vector campo eléctrico en este caso.</p>	
	

Fuente: Elaboración propia

Laura en D08_L, *marca mucho lo que han de ver y cómo han de mirar*, diferenciando las dos caras de la carpeta, su plano, con la nueva entidad “cara externa” (*tesis 6*) y justifica implícitamente su importancia, al relacionarla con la premisa inicial del concepto cualitativo de flujo, ya que el definir la cara externa del plano, permite identificar hacia qué lado de la superficie apunta el vector área, que sale perpendicular por la cara externa de la superficie, lo que define el sentido respecto a las líneas de campo y por tanto saber cómo calcular el flujo (*tesis 4*) (*argumento pragmático*).

En la última fila de la tabla 8.37 (D08_L), Laura *provoca la interacción con los estudiantes* para verificar la comprensión del *nuevo escenario* (Escenario 2_L), buscando las relaciones del escenario de la pizarra. Coloca la carpeta de perfil, **“si yo coloco a mi superficie de tal manera que la superficie forme ¿qué ángulo? ¿la superficie forma qué ángulo con las líneas de campo eléctrico?”** (*verifica comprensión sondeando significados*) y los estudiantes, todos en voz alta, *contestan “noventa grados”*. Laura *confirma repitiendo y justificando*, **“noventa grados, es transversal a las líneas de campo eléctrico y el vector de superficie, y el vector campo eléctrico en este caso”**. La justificación es por *ilustración gráfica imaginaria de la posición de la carpeta y las líneas de campo*.

Con este episodio Laura *hace el enlace del escenario de la pizarra a este nuevo escenario* (Escenario 2_L: carpeta y líneas de campo atravesando el aula) , y con una *dinámica de actuación con la carpeta* (sin ser explícita verbalmente) y una *pregunta respondida al unísono por los estudiantes*, Laura *verifica que están involucrados con el escenario imaginario*, y que “*ven*” las líneas de campo atravesando la carpeta y *saliendo por la cara externa*, marcada con una X (*creación de comunión con la audiencia*). Laura ha asegurado así la comprensión de sus alumnos. Las imágenes que describen la actuación se observan en la tabla 8.37.

Laura [D08_L] presenta la importancia de observar las líneas de campo que atraviesan a la superficie, y acompaña la *actuación de representación con objetos a su explicación verbalmente no explícita*, que verifica interactuando con los estudiantes en un ciclo de preguntas y acción con la carpeta, creando *comunión con los estudiantes y preparando a los estudiantes*, con la comprensión del escenario, para la explicación que vendrá en los próximos episodios.

8.4.4 Flujo a través del plano, la carpeta

Una vez confirmado el escenario con los estudiantes en el apartado anterior (*escenario 2_L*), se presentan dos tablas 8.38 y 8.39. En los episodios D09_L y D10_L Laura realiza una dinámica interactiva con los estudiantes, soportada en la carpeta. Laura ejemplifica los vectores superficie y campo eléctrico sobre un plano real, la carpeta, e inicia una dinámica de preguntas y respuestas para ir verificando la comprensión del comportamiento espacial entre estos dos vectores.

En la primera fila de la tabla 8.38, episodio D09_L, Laura utiliza la *representación con objetos y la gestualidad*, para reforzar los conceptos de *vector superficie*, *ángulo formado entre este vector y el vector campo eléctrico* del episodio anterior. Lo hace sentada erguida con la carpeta de perfil y con el brazo extendido como vector y el dedo índice la punta del vector, para representar al vector superficie, **“el vector de superficie es perpendicular saliendo de la superficie y apuntando hacia la derecha”**; para *repetir* las entidades introducidas en el episodio anterior con su gestualidad y narrativa.

Laura hace *uso del brazo apoyado en la parte superior de la carpeta y apunta con el índice hacia la pared*, como se muestra en la figura superior de la tabla 8.38. Y *repite la acción*, agregando ahora un nivel de dificultad al *preguntar por el flujo*: “el campo eléctrico es apuntando hacia la derecha, por lo tanto, **¿el flujo eléctrico es?**, en esta posición inicial que vamos a llamar la posición inicial de la espira, **¿el flujo eléctrico cómo es?**”, *pregunta para hacer pensar*, *recorre con la mirada a todo el salón evaluando y buscando el feedback*, y *ella misma se responde*: **“es máximo, ¿okey?”** (*Tesis 7*). Se observa, en la secuencia de imágenes en la primera fila de la tabla 8.38, que *recorre con la vista derecha, izquierda, derecha buscando el feedback en la pregunta crítica, que se muestra como retórica*, al responder la misma Laura, y se evidencia que *los estudiantes no participan*. Se trata de un caso particular, que se puede considerar el ejemplo 1 en relación al valor del flujo a través de una superficie plana y campo uniforme. Se tiene en cuenta la definición cualitativa de flujo (*tesis 2*) que aquí es *premisa*. Se puede interpretar como un *argumento de ejemplo*, pero débil porque aquí solo hay un caso, (sería ejemplo porque la profesora ha dado la tesis en forma de pregunta, pero al no tener respuesta de los alumnos, ha sido ella quien responde); pero también se puede interpretar como una *deducción de la tesis 2* aplicada a este caso 1 de forma implícita. Y que se refuerza con la representación gestual de la superficie y de las líneas de campo, que como son perpendiculares a la superficie pasaran todas. *Argumento visual por ilustración* mediante representación teatral con objetos.

Pero como ha sido la Laura quien ha dado la respuesta, se puede interpretar como un *argumento de autoridad* propia, característico de la profesora, basado en la estructura de lo real.

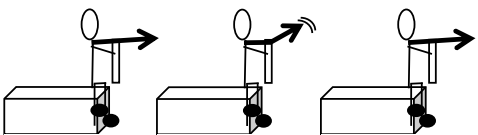

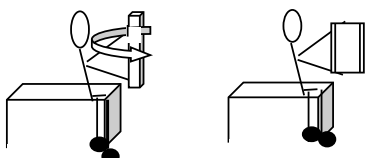
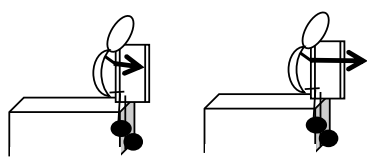

En la segunda fila de la tabla 8.38, episodio D10_L *realiza cambios en el escenario girando la carpeta (es el mismo escenario 2_L: girando la carpeta), y realizando otras preguntas “vamos a ver qué ocurre si yo giro el plano”*, toma la carpeta por los extremos superior e inferior y *gira lentamente la carpeta, y pregunta “¿qué va a pasar con el número de líneas que atraviesan a la superficie? va a disminuir” (Tesis 8)*, responde ella misma. Aquí vemos un caso particular, o ejemplo 2 (ahora si puede ser visto como *argumento por el ejemplo*). Esta tesis la va justificando *visualmente con la repetición del movimiento de la carpeta que gira, cambiando la posición del plano (argumento de ilustración por representación con objeto)* Pero como ha sido la Laura quien ha dado la respuesta, también se puede interpretar como un *argumento de autoridad* propia, característico de la profesora, basado en la estructura de lo real.

A continuación, en D10_L, se centra en la representación cambiando la posición de la carpeta: **“cuando el plano de la espira coincide con las líneas del campo eléctrico”**, deteniendo la carpeta con la X (cara externa) hacia la pizarra, y *hace una pausa* con en esa posición, para *acentuar y reforzar la presencia en la actuación*. Se considerará como un nuevo caso particular o ejemplo 3. Continúa *argumentando*, mediante la *representación gestual con el uso de objetos (argumento visual por ilustración* con la representación “teatral”, haciendo énfasis con la postura encorvando la espalda, y pasa la mano con los dedos en punta, lentamente por la carpeta de izquierda a derecha para señalar **“si las líneas de campo eléctrico son tangentes a la superficie”** (en el ejemplo 3), y ahora agrega *la pregunta crítica nuevamente “¿qué ocurre con el flujo que atraviesa esa cara de la espira?, ¿cuánto vale?”*, obteniendo *la respuesta de los estudiantes “¡cero!” (tesis 9)*. Laura ha conseguido *la interacción con los estudiantes y ha creado comunión con ellos*.

Y con todos estos ejemplos, Laura les ha acabado de convencer sobre su *tesis 8* anterior: **“al girar la carpeta, el número de líneas de campo que atraviesan la carpeta va a disminuir”**, que ahora se puede interpretar como justificada por un *macro argumento por el ejemplo* que incluye los ejemplos 1, 2 y 3.

En la tabla se muestran las imágenes de la actuación de Laura con la carpeta, *dando presencia a las premisas con su rostro, la expresión corporal y los brazos usados como líneas de campo*, que coinciden con el plano de la carpeta.

Tabla 8.38. Episodios D09_L-D10_L. El Flujo eléctrico a través de la carpeta.

Laura: vector superficie y vector campo eléctrico sobre el plano de la carpeta Episodios [D09_L-D10_L]	
Descripción de la explicación	Recursos: la Carpeta: el plano + gestos apuntadores + postura + líneas imaginarias que atraviesan el aula.
<p>[D09_L] 2:27 el vector de superficie es perpendicular saliendo de la superficie (con el brazo apoyado en la parte superior de la carpeta apunta con el índice hacia la pared derecha) y apuntando ¿hacia dónde?</p>	
<p>hacia la derecha... (levanta y extiende el brazo derecho de la parte superior de la carpeta y apunta con el índice) el campo eléctrico es apuntando hacia la derecha...</p> <p>y por lo tanto ¿el flujo eléctrico es?, en esta posición inicial que vamos a llamar... la posición inicial de la espira. el flujo eléctrico ¿cómo es? (recorre con la vista derecha, izquierda, derecha) <u>Máximo</u> ... ¿okey?</p>	
<p>[D10_L] 2:27:30 vamos a ver qué ocurre si yo giro el plano? (gira la carpeta lentamente) ...</p> <p>¿qué va a pasar con el número de líneas que atraviesan a la superficie? va a disminuir (sigue rotando la carpeta.)</p> <p>cuando la superficie coincide, vamos a decir que el plano de la espira coincide con las líneas del campo eléctrico (detiene la carpeta de frente al alumnado, con la X hacia la pizarra). (pausa)</p> <p>si las líneas de campo eléctrico son tangentes a la superficie... (encorva el cuerpo y pasa el torso de la mano lentamente sobre el frente de la carpeta de izquierda a derecha)</p> <p>¿qué ocurre con el flujo que atraviesa esa cara de la espira? ¿cuánto vale? (estudiantes: ¡Cero!) ¡cero!</p>	<p>(toma la carpeta extremos superior e inferior y comienza a girar la carpeta lentamente...)</p>  
	


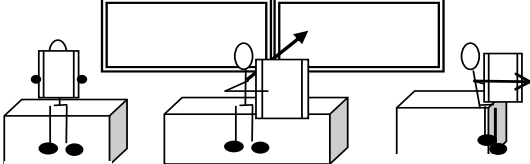
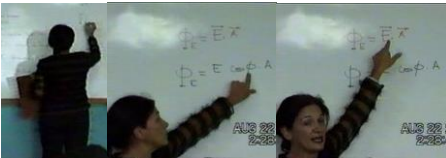
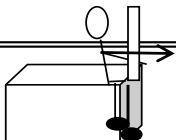

Fuente: Elaboración propia

En este segmento [D09_L, D10_L], Laura inicia con el plano de perfil, perpendicular a las líneas de campo, para evaluar el flujo, *con la pregunta* “¿cuánto vale el flujo? y *al no recibir el feedback ella responde* “máximo” (tesis 7). Pasa luego a realizar un sistema más sencillo con una *ilustración visual* (tesis 9) (con flujo cero, que llegan con la premisa cualitativa del flujo), por lo que cambia la posición de la carpeta y guía a los estudiantes con su gestualidad y la representación; hasta *finalmente lograr la interacción con los estudiantes*, verificando *su atención y comprensión*. Laura ha utilizado una *estrategia de pregunta guía* que le sirve para *retomar la comunión de los estudiantes*, y realizar el andamiaje para *hacer “ver” la tesis del flujo como producto escalar, tesis 4*, analizando vectores campo y área, consiguiendo verificar un caso particular con la tesis 9, y queda en el aire verificar la comprensión de la tesis 7 que perseguía con la pregunta inicial del segmento y que se irá construyendo en los siguientes episodios.

En la tabla 8.39, se muestran los episodios D11_L y D12_L, donde *repite la gestualidad de las manos* apuntando la dirección del campo y de la superficie del episodio anterior, para seguir construyendo el flujo como producto escalar anunciado en D05_L.

En la primera fila se muestra el episodio D11_L, justifica el flujo cero del episodio anterior (tesis 9), desarrollando la tesis 4 de flujo como producto escalar. Para ello, continúa con la interacción con los estudiantes para guiarlos a “ver” la dirección del vector superficie y el campo, para seguir construyendo la segunda premisa del flujo como producto escalar de estos dos vectores, **“porque el vector de superficie es un vector perpendicular, recordándonos que aquí está la cara delantera de la espira”**, coloca la carpeta tapando su cara. Luego, con el brazo extendido señalando hacia la pizarra, dice: “ahora el vector de superficie apunta entrando hacia la pared del pizarrón”. Ahora extiende el brazo horizontal por delante de la carpeta para representar la línea de campo, **“y el campo eléctrico es tangente a la superficie”**, para preguntar por el otro elemento del producto escalar, el ángulo, repetiendo la gestualidad señalando los vectores campo y área que convierte a la pregunta en una pregunta guía: **“y el ángulo que forma el vector superficie entrando hacia el plano de la pizarra y el vector de campo eléctrico ¿ese ángulo cuánto vale?** Laura logra la interacción de los estudiantes que responden: **“¡noventa grados!”**. Se puede interpretar como *argumento visual cuasi lógico matemático mediante la representación sobre las líneas de campo del vector área* que confirma que el ángulo es noventa grados, justificando la tesis 9.

Tabla 8.39 Episodios D11_L-D12_L. El Flujo eléctrico a través de la carpeta.

<p>Laura: Ejemplifica los vectores superficie y campo eléctrico sobre la carpeta - Episodios [D11_L-D12_L]</p>	
<p><i>Descripción de la explicación</i></p>	<p><i>Recursos: la Carpeta: el plano + gestos apunadores + líneas de campo imaginarias que atraviesan el aula.</i></p>
<p>[D11_L] 2:27:50 Porque el vector de superficie es un vector perpendicular... recordándonos que aquí está la cara delantera de la espira (coloca la carpeta, tapando su cara)</p> <p>ahora el vector de superficie apunta entrando hacia la pared del pizarrón (<i>apunta al pizarrón</i>) y el campo eléctrico es tangente a la superficie (<i>el brazo derecho rozando la carpeta extendido a la derecha</i>) ...</p> <p>y el ángulo que forma el vector superficie entrando hacia el plano del pizarrón</p> <p>(el brazo extendido hacia el pizarrón) y ... el vector de campo eléctrico (el brazo izq. extendido a la derecha). ¿ese ángulo cuánto vale? (Estudiantes: 90° todos responden) ¡Noventa grados!</p>	 
<p>[D12_L] 2:28:30 Y por supuesto, ustedes saben que el flujo eléctrico proviene de un producto escalar... que se define como ... (<i>va a la pizarra ... dice y escribe:</i>) flujo eléctrico a través de la superficie es igual al módulo del campo eléctrico por el coseno del ángulo ϕ por el área de la superficie</p> <p>cuando el ángulo entre el vector de superficie y el campo eléctrico es cero grados... el flujo que atraviesa a esa región es mayor ...</p> <p>por supuesto a mayor intensidad ... mayor será el flujo (<i>se sienta y enseña con la carpeta</i>) ... a mayor área de la superficie mayor será el número de líneas de fuerza</p>	 <p>(gira hacia los estudiantes y señala)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>Flujo Eléctrico Φ_E $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$ $\Phi_E \propto N^\circ$ de líneas que pasan por una superficie $\Phi_E = E \cos \phi \cdot A$</p> </div> 
<p>(muestra la carpeta) ¿y si yo tomo la mitad de la carpeta? ... (<i>coloca el canto de la mano en el centro de la carpeta, señalando la mitad</i>) por supuesto en esta superficie que es menor ... el flujo será ¿cómo? ...menor... porque será menor el número de líneas (<i>mueve la mano izquierda desde la carpeta hacia la derecha, dibujando en el aire las líneas de campo</i>) aunque el campo eléctrico es uniforme ...el flujo a través de esta superficie que es menor... también tiene que ser menor... ¿está claro?</p>	

Fuente: Elaboración propia

Laura en su gestualidad (D11_L), llama la atención sobre la carpeta, cuya marca X está oculta a la vista de los estudiantes, por lo que el *vector superficie, representado por su brazo apunta hacia la pizarra*. Fijando la *visualización de las premisas componentes del flujo en el escenario*, pregunta por el ángulo entre los dos y que confirma con los estudiantes.

En la segunda fila de la tabla 8.39, episodio D12_L, Laura *repite la acción en D09_L* donde no obtuvo *feedback*, *recuerda la expresión del flujo y realiza a través de la representación*, el enlace de los vectores campo y área, con el producto escalar dentro de la expresión matemática. Para ello *realiza la formalización en la pizarra con el desarrollo matemático del flujo en función del ángulo entre los vectores* ($\Phi_E = E \cdot \cos\phi \cdot A$) (*Tesis 10*, que completa la *tesis 4*). *Se presenta formalmente el ángulo con nombre y símbolo*, “ángulo ϕ ”, aunque esta nomenclatura podría introducir confusión usando la misma letra que la dada al flujo y enseguida la cambiará por θ (*desarrolla valores propios de nomenclatura en la escritura*).

Laura en D12_L, realiza conexiones *repetiendo la representación (verifica comprensión, retornando sobre las ideas)* realizada en D09_L, ahora *apoyado en la expresión matemática*: “fijense bien, que **cuando el ángulo entre el vector de superficie y el campo eléctrico es cero grados**, el flujo que atraviesa a esa región **es mayor**” (*Tesis 11*) (caso nuevo: ejemplo 4). Y así justifica la respuesta “flujo máximo” que ella dio en D09_L *Argumento por deducción matemática del valor del flujo* a partir de la fórmula de flujo como producto escalar. Y agrega para destacar la proporcionalidad al tamaño del flujo con el área y de la intensidad del campo: “por supuesto a **mayor** intensidad, **mayor** será el flujo (*Tesis 12*), a **mayor** área de la superficie **mayor** será el número de líneas de fuerza”, *argumento de doble jerarquía* con relación de *proporcionalidad directa* con enlace de coexistencia entre las series (serie 1: ángulo entre vectores; serie 2: intensidad de campo, serie 3: superficie) las series son independientes una de la otra, y al cruzarse contribuyen al valor del flujo (serie 4: valor del flujo). El argumento se basa en relaciones de proporcionalidad directa (**más** implica **más**) que se suman (ver ejemplo del argumento de doble jerarquía en la sección 4.3).

En la tercera fila de la tabla 8.39, Laura, le da presencia a la proporcionalidad del área con el flujo, construyendo y revistiendo de materialidad a la “mitad de la superficie” al disminuir el área de la carpeta gesticulando a la vez que expresa “**¿y si yo tomo la mitad de la carpeta?, el flujo será ¿cómo?**” *representa sobre la carpeta de perfil el cortar a la mitad la carpeta y se*

contesta ella misma: “**menor**...porque será **menor** el número de líneas, aunque el campo eléctrico es uniforme, **el flujo a través de esta superficie que es menor también**, tiene que ser menor, ¿está claro?” (*Tesis 13*). Así da por terminada esta secuencia, de verificación del concepto. Es como si repitiera el mismo razonamiento anterior pero ahora los términos son: **menor** implica **menor**, por lo tanto, mitad de superficie, mitad de flujo. De hecho, Laura ha estado mostrando cómo las tres componentes del producto del flujo, o las *variables intervienen o contribuyen al valor final del flujo* (*Tesis 10*). Es un razonamiento matemático pero que ella explicita con todo detalle para hacerlo comprensible a los estudiantes.

Laura, en [D11_L, D12_L], desarrolla la tesis del flujo como producto escalar, para un campo uniforme, creando significado de proporcionalidad entre el flujo y el campo, entre el flujo y el área, y entre el flujo y el ángulo (coseno de teta). Se ayuda de un razonamiento cualitativo de ilustración visual por representación con gestualidad y uso de una carpeta, pero que integra con relaciones lógico-matemáticas de proporcionalidad directa. El segmento explicativo de Laura con la carpeta [D07_L, D12_L], está dirigido a elaborar la tesis del flujo como producto escalar (tesis 10), presentando los elementos de la expresión matemática y cómo intervienen en la determinación del flujo eléctrico, mostrando casos particulares. El segmento [D07_L, D11_L] estaría formando un macro argumento del ejemplo con tres casos; y el segmento [D12_L] un macro argumento de doble jerarquía con enlaces de coexistencia de tres series.

8.4.5 El sistema del plano inclinado y la vista espacial con la rotación de los ejes.

Una vez realizada la dinámica de interacción con los estudiantes, para hacer “ver” en tres dimensiones, las premisas campo, vector área y ángulo en el escenario de la carpeta y el aula como espacio de campo eléctrico, Laura vuelve a la pizarra (que limita a dos dimensiones el escenario) y desarrolla el dibujo inicial, para agregar elementos que describan los cambios del plano explicados con la carpeta (*escenario 3_L: Plano de perfil inclinado - Dibujo en secuencia*). Su explicación se describe en la tabla 8.40. con los episodios D13_L a D15_L.

En la primera fila de la tabla 8.40, episodio D13_L, Laura *realiza el enlace para pasar del primer dibujo del plano a una segunda figura del mismo plano*, pero desde otra perspectiva, una especie de “vista de planta” dibujada en dos dimensiones, ver la imagen en parte superior de la

tabla 8.40, (trabaja *habilidad de visión espacial para futuros ingenieros*). Laura hace uso en la pizarra de la simbología convencional de textos de física, “fíjense bien, **visto desde arriba, veríamos las líneas de campo eléctrico**” colocando el *símbolo gráfico del “ojo”* en la parte superior del plano, realiza después un *segundo dibujo* con flechas horizontales paralelas e igualmente espaciadas. Ahora agrega, “**vamos a dibujar nuestro eje x, y nuestro eje y**” lo acompaña *dibujando los ejes coordenados* de referencia en la primera figura y con el rotulador vertical sobre el símbolo del “ojo” de la figura (*materializa la entidad a través del dibujo y la representación con objeto*), lo mueve hacia abajo, todo *para ubicar espacialmente el primer dibujo* y para indicar que el sistema se verá desde arriba o “*vista de planta*”. Luego dibuja una línea diagonal que representa el plano La actuación de Laura tiene *la función de hacer ver* de forma espacial, los vectores dibujados (*desarrolla la visión espacial*), y con esta vista inicia el dibujo de esta segunda figura con la *pregunta para hacer pensar al estudiante* “**visto desde arriba... ¿qué veríamos nosotros?**” (*sondea significados*).

En la segunda fila de la tabla 8.40, episodio D14_L Laura *continúa con el segundo dibujo de la secuencia*, escenario 3_L, “**nuestra espira vamos a dibujarla acá**”, y dibuja una *línea diagonal* que representa el plano visto desde arriba (*desarrolla la visión espacial*), “**veríamos el vector de superficie, el ángulo que forma con el campo**” mientras, *dibuja y coloca los nombres, vector área, vector campo y ángulo teta* en el dibujo.

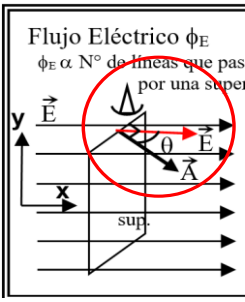
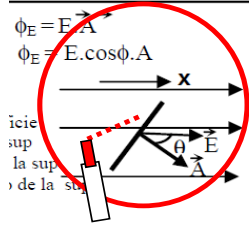
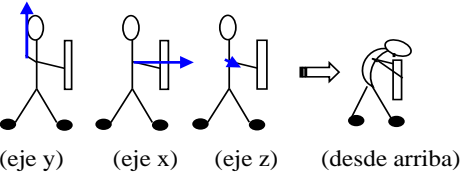
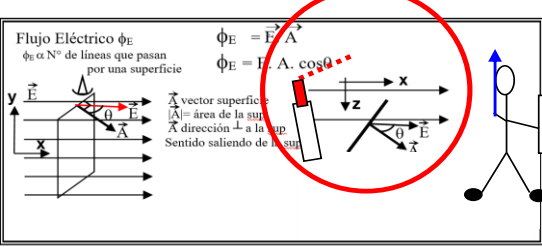
Verifica con los estudiantes cómo quedan los ejes coordenados de la segunda figura, tratando de que los estudiantes ubiquen los ejes según la referencia que les colocó en la primera figura. Laura *dibuja el eje x, y pregunta señalando con el rotulador saliendo de la pizarra*: “**tendríamos entonces aquí ¿el eje...?**” (*sondea significados*). En la imagen de la tabla se destaca el rotulador, cuando Laura *mueve la mano con el rotulador desde el origen de los vectores hacia afuera perpendicular a la pizarra*, y Laura *se queda esperando que los estudiantes completen la frase*. Pero *no recibe el feedback*, y entonces *se desplaza a la primera figura y repite*, señalando con el rotulador el origen de los vectores en la primera figura, “**visto desde arriba, ¿cuál eje veríamos?**” (*sondea significados*). Se escuchan voces de los estudiantes, y *un alumno parece decir “zeta”, que no es correcto*, “**fíjense bien, visto desde arriba fíjense bien ¿que este sería acá el eje qué? El eje x**, Laura *dirige las respuestas y dibuja el eje en la segunda figura*. Hay *interacción con los estudiantes*, y sigue con *otra pregunta*: “**¿cuál sería el eje zeta? ¿hacia arriba o hacia ustedes? (...) Fíjense que estamos viendo la espira desde arriba... ¿Okey?**”

En estos episodios D13 y D14_L, Laura realiza la explicación para comprender la visualización del segundo dibujo en secuencia, que representa a la vista de planta del primer dibujo, que da la imagen conocida en este tema del plano inclinado. Para ello parte del primer dibujo (tesis) y crea las conexiones para reconocerlo en el segundo dibujo visto de planta, trabaja sobre las dos figuras, se apoya en la primera dibujando los ejes coordenados, y resaltando la vista “desde arriba” con el marcador, para luego preguntar y dibujar en la segunda. “¿qué veríamos nosotros (...) desde arriba?” y dibuja el vector área, el campo y el ángulo entre ellos. Observa la dificultad, que tienen los alumnos, de ubicarse espacialmente, cuando verifica la comprensión de los ejes coordenadas en el segundo dibujo, con la pregunta “visto desde arriba, ¿cuál eje veríamos?” y redirige la pregunta buscando el andamiaje con el otro eje de visión más sencilla, el eje x.

En la tercera fila de la tabla 8.40, episodio D15_L, Laura ubicada con la carpeta delante de la primera figura: “fíjense que estamos viendo a la espira desde arriba, vamos a dibujarlo acá (toma la carpeta), vamos a ponerla así (la coloca de perfil)”. Laura regresa al *escenario 2_L, de la representación del plano de la espira con la carpeta* para revestir *de presencia y materialidad* al dibujo del plano; y ayudarlos en la visión espacial del sistema (*trabaja habilidad espacial para ingenieros o categoría: desarrolla la visión espacial*). Repite los ejes coordenados dibujados en la pizarra (*retorna sobre las ideas*), ahora *representados con la carpeta de perfil*; y *con el brazo extendido señala la direccionalidad de cada uno de los ejes x, y, z*, mientras *lo describe* “**yo tengo la espira aquí, visto desde aquí este es el eje y, este el eje x y el eje z** (con el brazo señala hacia ellos)” (*desarrolla la visión espacial*).

Ahora *pasa al segundo dibujo de la pizarra*, para verificar con los estudiantes dónde se encuentra el eje zeta cuando señala, mirando por arriba de la carpeta, pregunta: “**si yo estoy viendo desde aquí arriba, ¿qué estoy viendo desde esta posición?**” Simula con la carpeta mirando desde arriba, y luego *señala sin decirlo al “eje z” y repitiendo con el brazo hacia los estudiantes*. Y en la cuarta fila, *logra la interacción con los estudiantes para dibujar el eje z*, en el dibujo del plano inclinado, cuando *le responden “hacia abajo”*. También ha de interpretarse como *creación de comunión con el auditorio*, ya que son todos, profesora y alumnos, que “ven” lo mismo.

Tabla 8.40 Flujo eléctrico y el paso de 3D a 2D del sistema plano.

Laura: flujo eléctrico. El sistema <i>plano</i> - LCE visto “desde arriba”. Episodios [D13_L - D15_L]	
Descripción de la explicación	Recursos: Dibujo en vista de planta + simbología+ sistema de coordenadas + la carpeta + el rotulador + los brazos vectores.
<p>[D13_L] 2:29:10 Entonces, fíjense bien visto desde arriba (dibuja un “ojo” en la figura) veríamos las líneas de campo eléctrico.</p> <p>(inicia una segunda figura con líneas horizontales) vamos a dibujar nuestro eje ...nuestro eje acá... x... (dibuja en la primera figura, los ejes coordenados x, y) nuestro eje y,</p> <p>visto desde arriba ¿qué veríamos nosotros?</p>	 <p>Flujo Eléctrico Φ_E $\Phi_E \propto N^\circ$ de líneas que pasan por una superficie</p> <p>(con el rotulador sobre la figura y hacia abajo).</p>
<p>[D14_L] 2:29:40 nuestra espira ...vamos a dibujarlo acá. Visto desde arriba ... veríamos el vector de superficie (trabaja ahora la segunda figura, dibuja el vector) el ángulo que forma el vector de superficie con el campo eléctrico (dibuja el vector) que hemos llamado ϕ (dibuja el ángulo figura) tendríamos entonces aquí</p> <p>¿el eje...? (mueve la mano con el rotulador desde el origen de los vectores hacia afuera perpendicular a la pizarra) que tenemos acá... (se desplaza y toca con el rotulador el origen de los vectores en la primera figura) visto desde arriba ... ¿cuál eje veríamos? (se escucha ruido, y un alumno parece decir zeta...)</p>	<p>(2da figura)</p>  <p>$\Phi_E = E \cdot A$ $\Phi_E = E \cdot A \cdot \cos \phi$</p>
<p>fíjense bien (dirige las respuestas) visto desde arriba fíjense bien que este sería acá ¿el eje qué? El eje equis (dibuja el eje) ¿cuál sería el eje zeta? ¿hacia arriba o hacia ustedes? (va a la primera figura) fíjense que estamos viendo a la espira desde arriba... ¿okey?</p>	
<p>[D15_L] 2:30:20 vamos a dibujarlo acá... (toma la carpeta como la espira) yo tengo la espira aquí ...vamos a ponerla así (la coloca de perfil) ...visto desde aquí ... este es el eje y</p> <p>(mueve el brazo de abajo hacia arriba señalando el techo) ... este es el eje x ... (extiende el brazo horizontalmente hacia la derecha) y el eje z (con el brazo señala hacia ellos) si yo estoy viendo desde aquí arriba (coloca el rostro hacia abajo sobre la carpeta), ¿qué estoy viendo desde esta posición?</p>	 <p>(eje y) (eje x) (eje z) (desde arriba)</p>
<p>(señala “eje z” repitiendo con el brazo hacia ellos) (comentarios de los estudiantes” hacia abajo”) (y ella se dirige a la pizarra) hacia abajo ...</p> <p>¿el eje...? (dibuja un eje vertical hacia abajo) zeta, ¿okey? y ¿el eje “ye”? está acá (señala saliendo de la pizarra) okey ¿está claro?</p>	 <p>Flujo Eléctrico Φ_E $\Phi_E \propto N^\circ$ de líneas que pasan por una superficie</p> <p>$\Phi_E = E \cdot A$ $\Phi_E = E \cdot A \cdot \cos \phi$</p> <p>$\vec{A}$ vector superficie A = área de la superficie \vec{A} dirección \perp a la superficie Sentido saliendo de la superficie</p>

Fuente: Elaboración propia

Laura, en los episodios [D13_L, D15_L] logra *hacer ver* la vista de planta del sistema plano inicial, con ayuda de la dinámica de la carpeta, el uso del rotulador y la representación de los ejes coordenados con los brazos, *hace ver* cómo van los vectores campo, área, y el ángulo teta, en relación a las líneas de un campo eléctrico uniforme y a los ejes X, Y, y Z del sistema de coordenadas. Se logra interacción y comunión con los alumnos. Todo el sistema se *materializa* delante de los estudiantes, a través del uso de un macro *argumento visual por demostración gráfica matemático*, que es difícil de identificar pero que expone una formalidad gráfica para sustentar y conectar las vistas de un sistema. “En la representación gráfica del plano y líneas de campo, para pasar de la vista de un sistema (3d espacial) a la vista en un plano (2d), se recomienda sustentar el nuevo dibujo colocando: a) desde donde se observa (símbolo del ojo); b) dibujar los ejes coordenados en el sistema inicial, c) dibujar como quedan estos ejes coordenados en la vista sobre un plano, d) verificar los elementos del sistema (su direccionalidad y posición) que sean correspondientes en las dos vistas” *Tesis 14*.

Una vez realizada la conexión espacial entre los dos dibujos regresando al *escenario 2_L: La carpeta*, Laura retorna para seguir construyendo al *escenario 3_L: Plano de perfil inclinado*.

8.4.6 El plano en secuencia, rotando el plano.

En los episodios D16_L y D17_L presentados en la tabla 8.41 Laura continúa añadiendo elementos y dibujos a la secuencia cambiando la inclinación del plano, para consolidar el comportamiento entre el campo, la superficie y el ángulo que forman, para el cálculo del flujo eléctrico en una superficie plana.

En la primera fila de la tabla, episodio D16_L, Laura hace el enlace al tercer dibujo de la secuencia, *dibuja en la segunda figura una flecha circular antihoraria, dando presencia y anticipando cómo va a ser el sentido del giro a realizar en el plano*: “**vamos a ver qué ocurre cuando yo estoy girando a la espira en este sentido**”, equivalente a plantear la pregunta: ¿Qué ocurre al flujo cuando giro la espira en sentido antihorario?, se va reforzando *visión espacial*

para los alumnos, e inicia una *tercera figura en secuencia con el plano vertical*, diciendo a medida que dibuja **“aquí está el vector de superficie, y aquí está el campo eléctrico E ”**, y va señalando al vector superficie y luego al campo eléctrico, resaltando al dibujar que son paralelos.

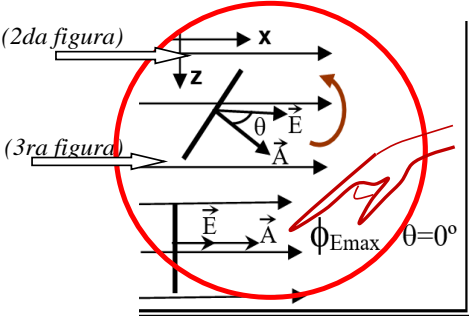
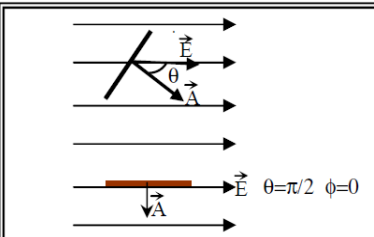

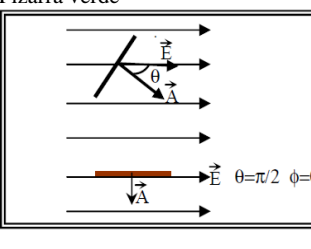
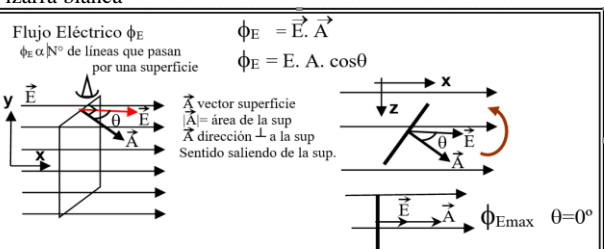
Laura (en D16_L), *hace ver cómo son los vectores indicando especialmente su orientación y el ángulo entre ellos (materializa las entidades, en el caso de campo uniforme horizontal y superficie perpendicular al campo (Escenario 3_L), que ya había presentado en episodios anteriores*. Se puede interpretar que *da presencia* a los vectores campo y superficie plana y a su relativa orientación, ángulo entre los vectores, que aquí en particular es cero. Laura en este tercer dibujo, *repite el caso (retorna sobre las ideas) representado en D09_L con la carpeta perpendicular a las líneas de campo, realiza la pregunta y anota en la pizarra el símbolo del flujo ϕ_E : “¿y aquí el flujo cómo es?” (pregunta retórica ya que se responde ella misma, “es máximo, y el ángulo entre el vector superficie y el campo, ¿cuánto vale?”*, y los estudiantes contestan: **“cero”**. O sea que la pregunta ha funcionado como *pregunta interactiva*. Laura completa la respuesta que *escribe en la pizarra: flujo máximo y teta igual a cero*, usando la simbología correspondiente (*Tesis 15*), *continúa copiando en la pizarra y lo señala en silencio*.

En la segunda fila de la tabla 8.41, episodio D17_L, Laura continúa la dinámica de girar el sistema plano. Como se le acabó la pizarra, utiliza la siguiente pizarra (*estrategia didáctica de usar varias pizarras sin borrarlas*), *repite la segunda figura y dibuja la cuarta figura ahora con el plano totalmente horizontal (repite el caso en D10_L con la carpeta tangente a las líneas de campo, retornando sobre las ideas)*. Laura anticipa con el habla todo lo que va a dibujar (*preparación de la audiencia*), **“si sigo girando, aquí está el campo eléctrico E , y aquí ¿quién? El vector superficie”** dibuja los vectores, para resaltar que son perpendiculares.

En la tercera fila (aun en D17_L), Laura *provoca la interacción de los estudiantes al realizar la pregunta “¿cuánto vale el flujo a través de esta superficie en este caso?”* y los estudiantes contestan **¡cero!** (*Tesis 16*) (corresponde al caso $\theta = 90^\circ$) Laura lo copia en la pizarra y *verifica el porqué de esa respuesta*, **“¿por qué razón es cero? porque las líneas de campo eléctrico ¿son cómo? tangentes a la superficie y el ángulo que existe entre el vector superficie y el campo eléctrico es, ¿cómo es? 90° ”** (*argumento de deducción matemática de la fórmula del flujo como producto escalar de dos vectores*) y que se refuerza con una representación gráfica de vectores y del ángulo entre vectores en la pizarra (*argumento de ilustración visual con representación de vectores*. *Escribe debajo del cuarto dibujo en la pizarra este valor del ángulo*

$\theta = \pi/2$ (da presencia a las componentes de la fórmula del flujo (*tesis 4*) como producto escalar, a través de expresar el valor de estas componentes en este caso particular (ejemplo 6).

Tabla 8.41. Episodios D16_L y D17_L. La secuencia del Plano inclinado.

Descripción de la explicación	Recursos: Dibujo en secuencia + simbología: giro + vectores + gestos + color
<p>[D16_L] 2:30:46 Entonces...vamos a ver qué ocurre ... cuando yo estoy girando a la espira en este sentido (dibuja en la 2da figura una flecha curva en sentido antihorario)</p> <p>vamos a ver qué ocurre cuando la espira está en esta posición, (dibuja líneas en una tercera figura) aquí está el vector de superficie (señala)... y aquí está el campo eléctrico E ...</p> <p>¿aquí el flujo a través de la superficie cómo es?</p> <p>(escribe al lado de la figura) máximo y cuando es máximo, el ángulo entre el vector de superficie y el vector campo eléctrico ¿cuánto vale? (murmillos “cero”) ...ese ángulo fi ¿vale cuánto? (estudiantes: “cero”) (copia en la pizarra y lo muestra en silencio)</p>	<p>(2da figura)</p> <p>(3ra figura)</p> 
<p>[D17_L] 2:31:30 Si seguimos girando nuestra espira () ... (va a la otra pizarra y dibuja en color verde claro) aquí están las líneas de campo eléctrico uniformemente espaciadas...</p> <p>(se separa de la pizarra para poder observar la figura anterior y dibuja...) y aquí esta nuestro vector de superficie “dA” y aquí esta ¿qué cosa? El campo eléctrico “e” (repite la segunda figura).</p> <p>2:32:00 sigo girando ...y aquí está.... el campo eléctrico “E” y aquí, ¿esta quién? el vector de superficie. (dibuja una cuarta figura)</p>	<p>En la pizarra verde repite 2da figura</p>  <p>Y agrega una cuarta figura</p>
<p>¿cuánto vale el flujo eléctrico a través de la superficie, en este caso? (estudiantes: ¡cero!) ¿Por qué razón es cero?</p> <p>porque las líneas de campo eléctrico (señala) ¿son cómo? tangentes a la superficie.... y el ángulo que existe entre el vector superficie y el campo eléctrico es ... ¿cómo es?</p> <p>¡Noventa grados! (escribe)</p> <p>bueno, (se desplaza) esto es para superficies que son abiertas que llamamos abiertas y además que la superficie sea plana y que el campo eléctrico sea uniforme...</p>	
<p>Pizarra verde</p> 	<p>Pizarra blanca</p> <p>Flujo Eléctrico ϕ_E $\phi_E \propto N^\circ$ de líneas que pasan por una superficie</p> <p>$\phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$ $\phi_E = E \cdot A \cdot \cos\theta$</p> <p>$\vec{A}$ vector superficie A = área de la sup \vec{A} dirección \perp a la sup Sentido saliendo de la sup.</p> 

Fuente: Elaboración propia

El segmento D16_L, D17_L, se puede interpretar como un razonamiento basado en la representación gráfica de los vectores de la fórmula del flujo, o sea *argumento visual por representación gráfica o argumento por deducción matemática desde la fórmula del flujo (tesis 10)* como producto escalar de vectores campo y superficie. Laura *ha repetido la dinámica que justificó en D11_L con la carpeta*. Y termina **“esto es para superficies que son abiertas, y además que es plana y el campo uniforme”**. Aquí indica las *condiciones* para que se cumpla todo lo que va afirmando, es como un *consenso de la comunidad de expertos (argumento de autoridad de la comunidad científica)*. Con este segmento D13_L a D17_L Laura sigue con la construcción de la *tesis 4* de flujo como producto escalar del campo eléctrico con el vector superficie, con el escenario del plano y una secuencia de dibujos cambiando la inclinación del plano con el propósito de su formulación matemática. Laura destaca la importancia de la *visión espacial* en su hacer, es muy detallada en la transformación realizada a partir del primer dibujo y realiza las conexiones visuales, utilizando los ejes coordenados como referencia. Se observa el detalle de la demostración usando símbolos gráfico-matemático en D15_L y del uso de la carpeta *para sustentar y hacer el andamiaje hacia la vista del plano inclinado y la rotación de los ejes*. El conjunto se puede interpretar como un macro *argumento visual de demostración o de ilustración por demostración gráfica* que incluye diversos *argumentos parciales de deducción lógico-gráfico-matemático*, dibujando en secuencia los distintos casos cambiando la orientación de la superficie, para demostrar con otra representación multimodal, los ejemplos ya presentados en el segmento [D07_L, D10_L]

Al final de la tabla 8.41 se presentan cómo quedan las dos pizarras, con la estructura de la representación utilizada por la profesora Laura, quien cierra presentando al plano como una superficie abierta y que este estudio se cumple con superficies planas y en campos uniformes.

8.4.7 Una superficie no plana y la ecuación del flujo como integral

Laura en el segmento [D18_L, D23_L] descrito en la tabla 8.42, elabora una nueva formulación matemática del flujo eléctrico como la integral del producto escalar de campo y área, detallando en la pizarra gráfica y matemáticamente el comportamiento del flujo eléctrico, cuando es positivo, negativo o cero, haciendo uso de las propiedades del producto escalar. Para ello Laura utiliza un escenario con *campo eléctrico no uniforme y una superficie amorfa no plana (Escenario 4_L)*.

En la primera fila de la tabla 8.42, episodio D18_L, Laura, *anticipa el contenido de lo que vendrá y da presencia* al escribir el título “**Flujo eléctrico E no uniforme o superficies no planas**” y dibuja el nuevo *escenario 4_L*: campo no uniforme y superficie amorfa no plana, con flechas curvas que representan el campo no uniforme y un garabato que señala como la superficie amorfa no plana.

En la segunda fila de la tabla 8.42, episodio D19_L, Laura *elabora la definición de flujo como integral (creación de entidad)*, para ello “**se divide esa superficie en elementos diferenciales de área**, de tal forma de caracterizar **cada elemento de área con un vector único de superficie perpendicular** a ese elemento, y un **vector único de campo eléctrico para ese punto**”, se dirige a la pizarra para *dibujar un cuadrito con los vectores*, y en D20_L pregunta y se responde ella misma: “¿luego **qué tenemos que hacer?** (*pregunta crítica*), **sumar todas las contribuciones al flujo en todos los elementos de área**”. Muestra la *estrategia didáctica* para *ayudar a la comprensión de una fórmula* que se presenta como una integral de área, dejando explícito que trabajará con diferenciales de área y después sumar los flujos de todos los diferenciales de flujo producto $d\phi_E = \vec{E} \cdot d\vec{A}$ con la introducción de los símbolos matemáticos en la pizarra y sus vectores dibujados sobre la superficie amorfa (dA y E).

En la tercera fila de la tabla 8.42, episodio D21_L, expresa la tesis de la formulación del flujo en el caso general de superficie amorfa no plana y campo no uniforme: “por lo tanto **el flujo lo podemos definir como la integral del producto escalar de E por ds** ” (*Tesis 17*), y la escribe

en la pizarra $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$ (*preparación de la audiencia*, anunciando la tesis, 1.1.1.3) a la que *da presencia* con esta escritura en la pizarra) y luego en (D22_L) *escribe las unidades del flujo en el sistema internacional* en función de las unidades del campo y el área, **S.I.: $N/C \cdot m^2$** (*Tesis 18*) para justificarlas (*argumento de Deducción matemática*).

En la cuarta fila de la tabla 8.42, finalizando el episodio D22_L, Laura *escribe las relaciones matemáticas de las variables del flujo*, y que va a analizar cuando el flujo será cero, positivo o negativo en función de las variables del producto escalar de la fórmula integral del flujo (*Argumento cuasilógico por análisis*) o que también se puede interpretar como *argumento de deducción lógico matemático* a partir de la fórmula de integral de flujo o *tesis 17*. Y sigue escribiendo en la pizarra posibles valores de flujo eléctrico (cero, positivo o negativo) a partir de cómo son los valores de los vectores de la fórmula y del ángulo entre \mathbf{E} y $d\mathbf{S}$, que indica también en la pizarra

$$\begin{array}{ll} \Phi_E = 0 & \text{si } E=0 \text{ ó } E \perp d\mathbf{S} \\ \Phi_E > 0 & \text{si } E \text{ y } d\mathbf{S} \rightarrow \phi < \pi/2 \\ \Phi_E < 0 & \text{si } E \text{ y } d\mathbf{S} \rightarrow \phi > \pi/2 \end{array}$$

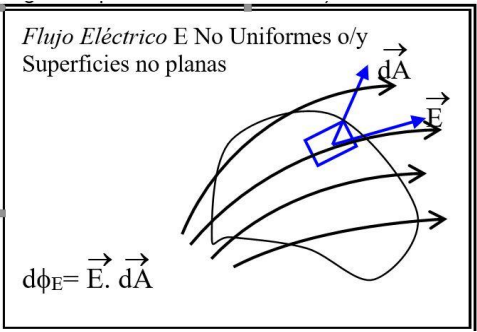
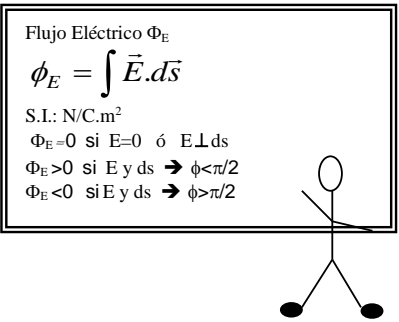
(*Tesis 19*).

En esta escritura en la pizarra se puede ver visualmente el razonamiento de *Deducción lógico-matemático* aplicado a tres casos distintos que podrían considerarse tres casos particulares o ejemplos (ejemplo 4, ejemplo 5, ejemplo 6) (¿podría considerarse *macro argumento por el ejemplo*? Además, que se ayuda a su *materialización* y de mostrar las partes de la fórmula del flujo.

Se destaca en el episodio D23_L que Laura se da cuenta de la posible confusión que pudiera existir con el ángulo, al usar la misma letra griega “ ϕ ” usada para el flujo. Y cambia el nombre de toda la variable ángulo “ ϕ ” usada para el ángulo “ θ ”, esto es una *muestra del rigor de Laura, con los aspectos de nomenclatura y formulación matemática*.

En los episodios siguientes, Laura desarrolla tres ejemplos para la determinación del flujo como integral. En efecto, ha sido muy exhaustiva con el tema de flujo, ya se ha dedicado a la determinación del flujo en tres situaciones distintas, tres situaciones que se resuelven aplicando la formulación de flujo como integral, o sea tres casos o ejemplos distintos, lo hace muy detalladamente, antes de llegar a la expresión de la ley de Gauss. Y luego realiza un cierre, donde resalta que el campo eléctrico a evaluar, no es sólo producido por la carga eléctrica encerrada por la superficie gaussiana.

Tabla 8.42. Episodios D18_L a D23_L. Flujo en Campo no uniforme y superficie no plana.

Laura: Campo eléctrico no uniforme y Superficie amorfa -no plana Episodios D18_L a D23_L	
Descripción de la explicación	Recursos: Dibujo, lenguaje matemático, unidades
[D18_L] () la expresión del flujo eléctrico flujo eléctrico para superficies que no son cerradas, sino que son abiertas, podría ser una concha cilíndrica... o una concha esférica.. () para hallar el flujo eléctrico a través de un campo eléctrico no uniforme y superficie no plana... ¿okey? (escribe el título)	
<p>[D19_L] 2.34 se divide a esa superficie en elementos diferenciales de área... de tal forma de caracterizar a cada elemento de área <i>(se apoya en el escritorio)</i> con un vector único de superficie perpendicular a ese elemento y un vector único de campo eléctrico característico para ese punto <i>(se levanta y va a la pizarra y dibuja)</i></p> <p>[D20_L] (2:35) lo único que hemos cambiado entonces es...que... ¿estoy trabajando con qué? ... con un diferencial de área ... luego ¿qué tenemos hacer? sumar todas las contribuciones al flujo en todos los elementos de área</p>	<p>(dirige siempre la cara al alumnado)</p> 
<p>[D21_L] 2.36...por lo tanto el flujo eléctrico a través de esa superficie curva y en un campo eléctrico no uniforme lo podemos definir como () la integral del producto escalar de e por ds <i>(escribe) ()</i></p> <p>[D22_L] 2.37... el flujo eléctrico en el sistema internacional de unidades. sabemos que el campo eléctrico lo expresamos en unidades de newton sobre coulomb y el área lo escribimos ¿cómo? es metros cuadrado...por lo tanto las unidades del flujo eléctrico es newton metros cuadrados sobre coulomb....</p>	<p>(borra la pizarra acrílica y escribe)</p> 
<p>bueno, para hablar más de esta ecuación, vamos a verla matemáticamente <i>(plantea relaciones en la pizarra, entre los valores del campo eléctrico, el vector superficie y el ángulo formado entre ellos, para analizar cuando el flujo es positivo, negativo o cero, basándose en las propiedades matemáticas del producto escalar)</i> ... el flujo eléctrico puede ser cero, puede ser positivo, o puede ser negativo ¿cómo es?</p> <p>[D23_L] 2.38 Este ángulo fi... Vamos a llamarlo teta... <i>(se da cuenta de la posible confusión al usar el mismo símbolo, en flujo y el ángulo, entre Φ y φ, y cambia el ángulo a θ, “teta” corrigiéndolo en toda la pizarra)</i></p>	

Fuente: Elaboración propia

8.4.8 Aspectos didácticos de la profesora Laura en la explicación

La historia de Laura, se puede describir desde la dimensión didáctica aplicando las categorías de la dimensión 1, y se condensan de manera resumida en la tabla 8.43, con las cuatro subcategorías organizada en cuatro columnas, y que a continuación se presentan.

a) ***La retórica en el aula.***

- **¿Hacia dónde vamos?** (*vamos juntos*) Implica al estudiante durante la explicación. “Entonces nos preparamos para la ley de gauss. Laura prepara a la audiencia, anticipando contenidos o realizando preguntas para hacerlos pensar a lo que vendrá, o preguntas guiadas, para provocar la interacción y conseguir la comunión del auditorio. *Usa la anticipación del contenido:* Laura introduce el contenido por venir, y lo relaciona con premisas nuevas de otra unidad de la asignatura. Por ejemplo, en el inicio, D01_L, “vamos a ver hoy la ley de Gauss siendo esta la primera ecuación de las ecuaciones de Maxwell. okay? ...”; en D03_L “porque más adelante vamos a definir el flujo magnético que tiene que ver con el número de líneas de inducción de campo magnético”. *La anticipación, usando títulos, y simbología.* Laura es muy organizada, y asume la pizarra como el cuaderno del estudiante, y se observa que escribe las ideas importantes y titula el tema a dar. Por ejemplo, en D02_L, coloca el título “flujo eléctrico”, su simbología “ ϕ_E ”, y añade una breve descripción “ $\phi_E \propto$ al n° de líneas de campo eléctrico que pasan por una superficie” D03_L. En D05_L presenta primero al vector área por escrito, y luego es que lo dibuja.
- **¿Qué esperamos?** *Imagínate esto.* vamos a suponer que tenemos un campo eléctrico “e” uniforme (dibuja líneas paralelas) espaciadas... y tengamos en el interior de ese campo eléctrico uniforme una superficie plana rectangular D03_L. *Provoca controversia.* Fíjense bien, vamos a pensar un momentico, a ver ¿qué ocurre con el número de líneas que atraviesan a esa superficie?, D07_L

b) **El hilo conductor de la historia. Destaca y refuerza los significados construidos o aquellos que se van construyendo.**

- **¿Cómo organiza la clase?** *Solapa ideas* Laura introduce las definiciones basándose en el argumento de la propia autoridad, los escribe en la pizarra y luego trabaja con ellos de manera de materializar su significado de diferentes maneras usando la repetición en su discurso, el dibujo o la representación. Introduce el concepto cualitativo de flujo en

D02_L, y luego el concepto matemático del producto escalar, D05_L, el vector área (D06_L). *Resalta ideas claves* como la superficie es plana ... ¿Okey? ...y el campo eléctrico es uniforme el ángulo que forma el vector de superficie con el vector campo eléctrico en cualquier punto de la superficie siempre es el mismo. el ángulo que forma el vector campo eléctrico con el vector de superficie A en cualquier punto que yo considere en el plano, es constante, en D06_L.

- **¿Cómo verifica la comprensión de la clase?** *Retorna sobre las ideas. Recuerda términos de premisas anteriores.* Vamos a suponer que tenemos un campo uniforme, representado por líneas de campo igualmente espaciadas (D03_L), que provienen de fuente o desembocan en a un sumidero (D02_L). *Sondea significados en los estudiantes.* Laura utiliza el recorrido al aula con la mirada (tipo faro) mientras habla para supervisar la reacción de los estudiantes y recibir el feedback. Utiliza la pregunta retórica para recibir el *feedback* y su discurso es guiado por este. Se observa cuando realiza dinámica de preguntas con la carpeta para la comprensión del concepto de flujo, si es máximo (D07 a D09, lo repite en D16) o cero (D10, D11 lo repite en D17). *Utiliza la dinámica de representación con la carpeta para verificar la comprensión:* a) materializar y verificar la comprensión del sistema dibujado, la superficie y las líneas de campo en D07_L “fíjense bien, vamos a pensar un momentico, a ver ¿qué ocurre con el número de líneas que atraviesan a esa superficie? (toma una carpeta)”, b) verificar el concepto de diferencial de área, D08_L “¿la superficie forma qué ángulo con las líneas de campo eléctrico? (muestra) (Estudiantes: “¡noventa grados!”)” c) verificar el concepto cualitativo de flujo y d) verificar su comprensión con los estudiantes, D09_L “...y por lo tanto ¿el flujo eléctrico es?, en esta posición que vamos a llamar posición inicial de la espira. el flujo eléctrico cómo es? (recorre con la vista derecha, izquierda, derecha) Máximo ... ¿okey? (No recibió el feedback) “, e) para verificar la comprensión del pase del dibujo inicial del plano en 3d, al dibujo en secuencia con una vista en el plano desde “arriba” o eje y, D14_L.

c) **Elabora Entidades:**

- **¿Qué entidades elabora?** Laura elabora entidades como flujo eléctrico, vector de superficie, producto escalar, diferencial de área, integral, superficie abierta.
- **¿Cómo las define?** *Describe las partes* Para definir el vector área, toma en cuenta sus componentes como vector, modulo, dirección y sentido, para su definición en D04_L. Describe las partes del flujo en el producto escalar, E, A, ángulo teta, D05_L, D06_L, El

flujo lo describe tomando en cuenta, tipo de magnitud (escalar), cualitativo, matemático, unidades en el sistema internacional (D02_L, D03_L, D05_L, D21_L). *Lo nuevo a partir de lo antiguo*. Expresa el flujo en función de las líneas de campo: El Flujo eléctrico es proporcional al número de líneas... que pasan... por una superficie (gira y mira hacia los estudiantes) ... (pausa), en D03_L. *Se construye gradualmente* Definición, descripción. Flujo eléctrico: esa magnitud física que es proporcional al número de líneas que llegan, que salen, o penetran o que entran a la superficie precisamente se conoce con el nombre de flujo eléctrico... (se levanta y va hacia la pizarra) vamos a definir primero lo que es el flujo eléctrico, D02_L. Se define el flujo eléctrico a través de una superficie, como el producto escalar de E por A ", D05_L. Vector área: "vamos a caracterizar a toda la superficie plana con un vector superficie que vamos a simbolizar con la letra A , como vector de superficie para una superficie plana", D04_L. Luego las componentes del vector: "tiene tres características el módulo es ..., dirección ..., y su sentido ... la superficie" y muestra con el rotulador hacia los alumnos D04_L. *Lo nuevo con lo por venir*. Relaciona flujo eléctrico con la ley de Gauss que lo verá seguidamente, pero también lo relaciona con conceptos de temas posteriores. "vamos a ver hoy la Ley de Gauss siendo esta la primera ecuación de las ecuaciones de Maxwell. okay? D01_L, flujo eléctrico con flujo magnético que pertenece a un tema posterior D03_L.

- **¿Cómo crea la imagen?** *Materializa la entidad a través de un dibujo, o una representación.* Utiliza la representación del campo uniforme en el aula y la carpeta para: a) materializar el plano (carpeta) b) las líneas de campo con la gestualidad y el desplazamiento, o con los brazos en D07_L, c) el vector diferencial de superficie con el brazo y el índice como la punta del vector D08_L, d) materializa el concepto cualitativo de flujo como número de líneas que atraviesan la carpeta D09_L "...y por lo tanto el flujo eléctrico es máximo e) materializar los ejes coordenados x , y , z sobre el plano dibujado f) materializar el segundo dibujo y la vista en el plano, mostrando como quedan los ejes para verificar vista en el plano desde "arriba" o eje y , D14_L. g) materializar la posición inicial (tercer dibujo) y posición final (cuarto dibujo) h) materializa el cambio de inclinación (D10, "vamos a ver qué ocurre si yo giro el plano" y gira la carpeta). *Utiliza el dibujo para presentar y materializar el sistema de estudio*, sus variables (líneas de campo, vector superficie, ángulo, perpendicular, paralelo, ejes coordenados de referencia) y comportamiento D04_L, Utiliza el dibujo múltiple en secuencia con el plano inclinado D15_L, D16_L para dar soporte al concepto de flujo como producto escalar.

Tabla 8.43 Formas de intervención de la profesora Laura. Dimensión didáctica

1. La retórica de la Enseñanza.	2. Destaca y refuerza los significados	3. Elaboración de Entidades.	4. Promueve habilidades aptitudes de la profesión..
<i>Vamos juntos.</i> Implica al estudiante usando el verbo en tercera persona del plural. Laura tiene una mirada “tipo faro”, que recorre el aula buscando la atención y recibiendo el feedback, que verifica con el uso de preguntas críticas para hacerlos pensar a lo que vendrá, o preguntas guiadas, para provocar la interacción y conseguir la comunión del auditorio.	<i>Solapa ideas</i> Laura introduce las definiciones basándose en el argumento de la propia autoridad, los escribe en la pizarra y luego trabaja con ellos de manera de materializar su significado de diferentes maneras usando la repetición en su discurso, el dibujo o la representación. Introduce el concepto cualitativo de flujo, y luego el concepto matemático del producto escalar, el vector área	<i>Describe las partes</i> Para definir el vector área, toma en cuenta sus componentes como vector, modulo, dirección y sentido, para su definición. Describe las partes del flujo en el producto escalar, E, A, ángulo teta. El flujo lo describe tomando en cuenta, tipo de magnitud, cualitativo, matemático, unidades en el sistema internacional.	<i>valores propios de nomenclatura:</i> en la escritura, o el gráfico. Al escribir el flujo como producto escalar de dos vectores, usando la nomenclatura vectorial y el símbolo que corresponde a cada variable, expresa el flujo con la integral. Le da importancia al colocar nombre al vector, con su flecha arriba, sobre el dibujo. Por ejemplo, el vector área dA al dibujarlo
<i>Usa la anticipación del contenido:</i> Laura introduce el contenido por venir, y lo relaciona con premisas nuevas de otra unidad de la asignatura. Por ejemplo, el flujo magnético que tiene que ver con el número de líneas de inducción de campo magnético”	<i>Utiliza la dinámica con la carpeta</i> para verificar la comprensión de: a) la superficie y las líneas de campo, b) de diferencial de área, “¿la superficie forma qué ángulo con las líneas de campo? c) flujo cualitativo, e) del pase del plano en 3d, al dibujo en secuencia con una vista en el plano desde “arriba” o eje y.	<i>Lo nuevo con lo por venir.</i> Relaciona flujo eléctrico con la ley de Gauss que lo verá seguidamente, pero también lo relaciona con conceptos de temas posteriores como las ecuaciones de Maxwell, flujo eléctrico con flujo magnético. Lo nuevo a partir de lo antiguo. Expresa el flujo en función de las líneas de campo.	<i>Desarrolla capacidades matemáticas-gráficas.</i> Es rigurosa en la expresión escrita “todo debe estar escrito, descrito, dibujado y matemáticamente bien expresado”. <i>Desarrolla esquemas coherentes</i> de análisis con la explicación y el desarrollo del dibujo que acompaña a las variables matemáticas.
<i>La anticipación, usando títulos,</i> y simbología. Laura es muy organizada, y asume la pizarra como el cuaderno del estudiante, escribe las ideas importantes y titula el tema a dar. El vector área lo describe por escrito y luego es que hace dibujo	<i>resalta ideas claves</i> como la superficie es plana y el campo uniforme, el ángulo que forma el vector de superficie con el vector campo eléctrico en cualquier punto de la superficie es el mismo.	<i>se construye gradualmente.</i> Flujo eléctrico: esa magnitud física que es proporcional al número de líneas que llegan, que salen, o penetran o que entran a la superficie precisamente se conoce con el nombre de flujo eléctrico...	<i>Desarrolla la visión espacial.</i> En su actuación se distingue su interés para desarrollar la visión espacial, y poder hacer la trasposición del espacio tridimensional a diferentes vistas en el plano, que es un objetivo transversal en la profesión.
<i>Imagínate esto.</i> “vamos a suponer que tenemos un campo eléctrico “e” uniforme (dibuja líneas paralelas) espaciadas y tengamos en el interior de ese campo eléctrico uniforme una superficie plana rectangular”,	<i>Sondea significados en los estudiantes.</i> Laura utiliza el recorrido al aula con la mirada (tipo faro) mientras habla para supervisar la reacción de los estudiantes y recibir el feedback. Utiliza la pregunta retórica para recibir el feedback y su discurso es guiado por este. Se observa cuando realiza dinámica de preguntas con la carpeta para la comprensión del de flujo, si es máximo o cero.	<i>Utiliza la representación para materializar:</i> a) el plano (carpeta) b) las líneas de campo con la gestualidad y el desplazamiento, o con los brazos, c) el diferencial de superficie con el brazo y el índice como la punta del vector, d) flujo como número de líneas que atraviesan la carpeta e) los ejes coordenados x, y, f) la vista desde arriba g) la posición inicial y posición final h) el cambio de inclinación	<i>Materializa todas las entidades en tres dimensiones:</i> a través de la gestualidad, su discurso descriptivo, el uso de objetos, que acompaña con el dibujo Laura en la visión espacial destaca la simbología grafico-matemática para realizar la traslación de las vistas espacial-plano y el análisis del comportamiento de las variables
Provoca controversia. “fíjense bien, vamos a pensar un momentico, a ver ¿qué ocurre con el número de líneas que atraviesan a esa superficie?”.	<i>Retorna sobre las ideas.</i> Recuerda términos de premisas anteriores. Vamos a suponer que tenemos un campo uniforme, representado por líneas igualmente espaciadas, que provienen de fuente o llegan a un sumidero	Laura <i>Materializa la entidad a través de un dibujo, dibujo múltiple en secuencia o una representación</i> flujo eléctrico, vector superficie, producto escalar, diferencial de área, integral líneas de campo, vector superficie, ángulo, perpendicular, paralelo, ejes coordenados de referencia	Se expresa de forma matemática. Trabaja con el dibujo, la representación, los dibujos en secuencia, la representación, y finalmente con la expresión matemática

Fuente: Elaboración propia

d) **Promueve aptitudes propias de la profesión.**

- **En la expresión matemática.** *valores propios de nomenclatura:* en la escritura, o el gráfico. Importancia a la Notación vectorial del flujo como producto escalar de dos vectores, al escribir la ecuación usando la nomenclatura vectorial y presentando el símbolo que corresponde a la variable flujo, D06_L. Expresa el flujo con la integral del producto escalar, D20_L. *Importancia de colocar nombre al vector, con su flecha* arriba, sobre el dibujo. Por ejemplo, el vector área dA al dibujarlo. D06_L, D13_L. Desarrolla capacidades matemáticas y matemáticas-gráficas. Trabaja con el dibujo, la representación, los dibujos en secuencia, la representación, y finalmente con la expresión matemática. *Se expresa de forma matemática.*
- **En habilidades de expresión visual gráfica que acompañen su comunicación.** Integra al estudiante en la forma de comunicarse dentro de su nueva comunidad intelectual. *Promueve aptitudes propias de las ciencias técnicas. Desarrolla esquemas coherentes de análisis* A través de la explicación y el desarrollo del dibujo que acompaña a la explicación, se le da coherencia a los análisis, dibujando las variables que intervienen en la expresión matemática a utilizar, que justifica lo escrito. Ambos con el uso de la nomenclatura descriptiva correspondiente para todos los elementos que interactúan en dicho sistema. *Utiliza estrategias para desarrollar la visión espacial destacando en la parte de traslación gráfico matemático de las vistas de un sistema y el análisis del comportamiento de las variables del sistema. Desarrolla la visión espacial.* En su actuación se distingue su interés de que el estudiante tenga las herramientas para desarrollar la visión espacial, y poder hacer la trasposición del espacio tridimensional a diferentes vistas en el plano, que es un objetivo transversal en la profesión. D15_L. *Materializa todas las entidades en tres dimensiones: a través de la gestualidad, su discurso descriptivo, el uso de objetos, que acompaña con el dibujo* Laura muestra un gran uso de la gestualidad y preocupación por la visión espacial de los estudiantes, al realizar la dinámica de la carpeta que da soporte a su dibujo del plano en forma espacial, 3d, que luego lo lleva a una vista de planta soportado con el uso de la carpeta y el brazo como vector. *Interactúa gestualmente para la visualización de los vectores, la superficie, el ángulo, y puedan hacer las conexiones gráfico-matemático.*

8.4.9 Aspectos argumentativos de la historia de Laura.

La construcción de la Historia de Laura sobre Flujo Eléctrico. La historia de Laura, analizada desde la dimensión 2, focaliza la atención en la caracterización de argumentos, la presencia y la comunión del auditorio observados que a continuación se describe.

8.4.9.1 *Tipos de argumentos encontrados en la explicación de Laura*

En la construcción de argumentos, se observaron argumentos de los siguientes tipos: **argumentos cuasi lógicos**, entre los que se observaron *argumentos cuasi lógicos* (por contradicción o incompatibilidad) y *argumentos cuasi lógico-matemáticos* (por adición, por comparación, por deducción matemática); **argumentos que se basan en la estructura de lo real**, se observaron *argumentos por enlaces de sucesión* (pragmático); *argumentos por enlaces de coexistencia* (argumento por autoridad) y *argumento por enlaces de sucesión o de coexistencia* (argumentos de doble jerarquía) y también **argumentos que fundamentan la estructura de lo real** (Ejemplo, Ilustración, demostración visual y Analogía). Los que más destacan son: el argumento visual de ilustración y el argumento por autoridad. Algunos de los argumentos forman estructuras mayores que se clasifican como *macro argumentos* (de ilustración, de ejemplo o de doble jerarquía).

8.4.9.2 *La explicación de Laura desde las premisas y tesis*

En la tabla 8.44 se muestran los segmentos de Laura para construir flujo, separados según los escenarios y según las premisas, con los siguientes escenarios:

- **Apertura – sin escenario [D01_L, D03_L].** Constituye un macro argumento de coexistencia por autoridad, debido a su experiencia y de ser profesora. Laura inicia la clase presentando el tema de flujo eléctrico, realiza una apertura para ubicar el tema dentro del contenido programático de la asignatura, haciendo el enlace con la premisa conocida líneas de campo y con la premisa nueva de este tema (ley de gauss) y de temas más avanzados en el programa (campo magnético, ecuaciones de Maxwell). En este segmento realiza dos tesis y presenta una premisa anticipada

Tesis 1: “La ley de Gauss es la primera de las ecuaciones de Maxwell”, [D01_L].

Premisa 1: Conocimiento de los físicos Gauss y Maxwell como científicos en sus leyes destacadas en electromagnetismo.

Argumento de autoridad científica, basado en la estructura de lo real, por enlaces de coexistencia.

Tesis 2: “el flujo eléctrico, es una magnitud física escalar que es directamente proporcional al número de líneas que atraviesan una superficie”, [D02_L].

Premisa 2: Líneas de campo eléctrico, vector campo eléctrico y noción de superficie que puede ser atravesada por las líneas de campo eléctrico.

Premisa 3: Significado de distinguir entre tipos de magnitud física: escalar y vectorial

Premisa 4: = *Tesis anticipada* sobre las líneas de flujo magnético que son conocidas por los alumnos (aquí hace de premisa).

Tesis o premisa anticipada (que no se trabaja en esta clase): “El flujo magnético al igual que el flujo eléctrico, tiene que ver con el número de líneas de inducción de campo magnético que atraviesan una superficie” (D03_L)

Argumento de autoridad propia característico de la profesora, basado en la estructura de lo real, por enlaces de coexistencia.

Argumento de analogía que fundamenta la estructura de lo real, en base a la tesis anticipada sobre flujo magnético que se toma como premisa 5 y que refuerza la tesis 2.

Escenario 1_L: *Plano de la espira, y un campo uniforme dibujado* [D04_L, D06_L].

Constituye un **macro argumento de ilustración** con el objeto de presentar los elementos del flujo, superficie, líneas de campo, vector superficie, ángulo teta que forma, y la igualdad del comportamiento de teta constante. Laura utiliza la escritura descriptiva y el dibujo en la pizarra, para presentar los elementos del concepto de flujo cualitativo – (*tesis 2*) introducida en D02_L, y presentar un nuevo concepto de flujo eléctrico (*tesis 4*) que completa y formaliza matemáticamente el concepto de flujo eléctrico. La construcción de este nuevo concepto de flujo se basa en la justificación de tres tesis:

Tesis 3: “el vector superficie representa el área de la superficie, con dirección perpendicular a la superficie y su sentido apunta saliendo de la superficie” (D04_L)

Premisa 5: Concepto de vector y sus componentes

Premisa 6: Concepto de superficie.

Argumento de autoridad, basado en estructura de lo real, por enlace de coexistencia al dar las características de este vector y escribir la definición esquemáticamente en la pizarra. Se puede interpretar como reforzado por un

Argumento visual de ilustración con el dibujo gráfico y simbólico en la pizarra que destaca las partes del vector: módulo, dirección y sentido, aumentando su presencia al escribirlo, dibujarlo, y luego representar su dirección y sentido con el rotulador.

Tesis 4: “El flujo eléctrico a través de una superficie se define como el producto escalar del campo eléctrico por el vector de superficie” $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$ (D05_L y D06_L)
Se trata de una expresión matemática del concepto de flujo.

Premisa 7: Concepto de producto escalar entre vectores.

Premisa 8: Tesis 3 (vector superficie. Modulo, dirección y sentido)

Argumento de autoridad propia, característico de la profesora, basado en estructura de lo real

Argumento visual de ilustración al escribirlo y representarlo gráficamente en la pizarra con todos sus componentes (vectores \vec{E} , \vec{A} y ángulo θ entre estos vectores) sobre el plano, y con las líneas de campo eléctrico atravesando la superficie.

Tesis 5: “En una superficie plana y con el campo uniforme, el ángulo que forma el vector superficie con el vector campo eléctrico, en todo punto, es el mismo” (D06_L)

Premisa 9: Premisa 6 (concepto de superficie plana)

Premisa 10: Concepto de campo uniforme que comporta líneas de campo paralelas entre sí.

Premisa 11: = Premisa 8 (**Tesis 3** (vector superficie: módulo, dirección y sentido)

Argumento visual por ilustración y cuasi lógico-matemático, al dibujar con detalle grafico-matemático que fija la orientación en x del campo, con el símbolo perpendicular del área y presenta a teta, y luego señalarlo para resaltar el comportamiento.

- **Escenario 2_L: Escenario imaginario y uso de la carpeta [D07_L, D12_L]:** Montse describe un escenario para analizar el flujo, a través del plano de la carpeta que se mueve en el aula inmersa con un campo eléctrico uniforme, con líneas que salen paralelas de una pared y llegan a la opuesta. Constituye un *macro argumento visual formado por dos macro argumentos del ejemplo y por doble jerarquía*, utilizándola representación mediada con

objetos, para justificar la definición inicial del flujo, y el comportamiento espacial de los vectores al mover el plano, para flujo entre máximo y mínimo. Utiliza una dinámica de representación del aula inmerso en un campo uniforme y una carpeta como la superficie para calcular el flujo. Utiliza la gestualidad, el desplazamiento para representar las líneas de campo, el brazo apuntando como vector área, para presentar dinámicas con la carpeta, preguntas y la interacción de los estudiantes para fundamentar las tesis. Esta formado de tres partes que a continuación se presentan.

- **Escenario 2_L: el vector área sobre la carpeta (1/3)** En esta primera parte, Montse elabora una tesis que ayuda a visualizar y complementa la definición del vector área, utilizando argumentos visuales y el de autoridad característico de los profesores [D08_L].

Tesis 6: “Al hablar de una superficie plana hay que definir cuál es la cara externa”. (D08_L) (complementa tesis 3 y define el sentido del vector área en el plano)

Premisa 12: = *Tesis 3*: El vector superficie sale perpendicular y apunta saliendo de la superficie (sale por la cara externa)

Premisa 13: En una superficie plana como la carpeta (como cualquier superficie abierta) se tienen dos caras.

Argumento de autoridad propia, característico de la profesora, basado en estructura de lo real. Es la profesora que expresa la necesidad y la importancia de definir la cara externa de las superficies para el cálculo del flujo. Por el sentido que le da, su justificación se puede interpretar como un

Argumento pragmático, basado en la estructura de lo real, por enlaces de sucesión. Se interpreta que Laura muestra la necesidad de definir cuál es la cara externa de la superficie para poder hacer cálculos correctos de flujo eléctrico, en concreto para “ver” el ángulo que forman las líneas de campo eléctrico con la superficie (vector superficie).

Por la actuación de la profesora con la carpeta en el espacio imaginario de campo eléctrico en el aula, se interpreta un

Argumento visual por ilustración con representación. Laura ha mostrado cual es la cara externa marcando con una X un lado de la carpeta, y presentándola a los estudiantes y gesticulando con ella en el espacio imaginario de líneas de campo.

- **Escenario 2_L: La formulación matemática del flujo como producto escalar.** [D09_L, D11_L]. (1/3) En esta segunda parte, Montse elabora cuatro tesis que conforman un macro argumento del ejemplo, presentando tres casos particulares de la definición de flujo que va enlazando desde la definición cualitativa de flujo, pasando por la formulación matemática del producto escalar hasta su desarrollo, para llegar a presentar el ángulo como elemento importante en la determinación del flujo, utilizando argumentos visuales de ilustración de representación con la carpeta, cuasi lógicos, deducción matemática y el de autoridad característico de los profesores [D09_L, D11_L].

Tesis 7: “El flujo eléctrico a través de la superficie (carpeta) cuando está colocada perpendicular a las líneas de campo eléctrico es máximo” [D07_L, D09_L] (esa posición la etiqueta o llama “posición inicial”) (caso particular 1 o ejemplo 1)

Premisa 14: La superficie de la carpeta forma un ángulo de 90° con las líneas de campo eléctrico y, por lo tanto, con el vector campo eléctrico.

Premisa 15: = *Tesis 2* (flujo como número de líneas que atraviesan la superficie)

Argumento de autoridad propia, característico de la profesora, basado en estructura de lo real. Es la profesora quien responde a una pregunta que ha hecho a los estudiantes, y no ha obtenido respuesta de ellos. Por la actuación de la profesora con la carpeta en el espacio imaginario de campo eléctrico en el aula, se interpreta un **Argumento visual por ilustración** mediante una representación con un objeto (la carpeta) como entidad superficie y con la ayuda de la gestualización de la profesora, que va construyendo desde el episodio D07_L, con la descripción del escenario imaginario, hasta llevarlos a la presentación de la tesis.

Tesis 8: “El número de líneas de campo que atraviesan la carpeta, va disminuyendo a medida que giro el plano, iniciando con la carpeta en posición perpendicular a las líneas de campo” [D10_L]. Se puede ver un caso particular 2 o ejemplo 2, más amplio que el anterior caso 1 ya que al ir girando el plano representa una generalización para varios casos particulares. (da soporte a la tesis 7 donde no obtuvo feedback/ pregunta sin respuesta)

Premisa 16: = *Tesis 2* (flujo como número de líneas que atraviesan la superficie)

Premisa 17: *Tesis 3* (Concepción de vector superficie)

La generalidad de la respuesta nos inclina a calificar la justificación como un

Argumento por el ejemplo, que fundamenta la estructura de lo real, en base a casos particulares. De todas formas, aunque Laura ha planteado la tesis en forma de pregunta, la responde ella misma, y esto nos lleva a la interpretación básica de un Argumento de autoridad propia, característico de la profesora.

Argumento visual de ilustración por representación con un objeto (que se justifica por la actuación de la profesora con un objeto delante de los alumnos)

Tesis 9: “El flujo eléctrico a través de la superficie (la carpeta) cuando las líneas de campo eléctrico son tangentes a la superficie, vale cero” [D10_L y D11_L] (Esta tesis corresponde a un caso particular, caso 3 o ejemplo 3). Laura la plantea como una pregunta, que en este caso 3, recibe respuesta de los estudiantes.

Premisa 18: = *Tesis 2* (Flujo como número de líneas que atraviesan la superficie)

Premisa 19: = *Tesis 3* (Concepción de vector superficie)

Premisa 20: = *Tesis 4* $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$ (Flujo como producto escalar de los vectores campo y superficie)

Argumento visual por ilustración, gestual colocando la carpeta en la posición adecuada e indicando la línea tangente simulada con el brazo que recorre el plano de la carpeta, para resaltar que no la atraviesa ninguna línea y, confirma el concepto cualitativo con la respuesta “flujo igual a cero” de los estudiantes [D10_L].

En D11_L justifica el cero de la respuesta señalando con la carpeta colocada al frente de su rostro, y con el brazo apuntando hacia la pizarra, como el vector superficie y luego recorriendo la carpeta nuevamente como tangente para simular el vector campo y resaltar la perpendicularidad de los vectores, justificando con un

Argumento cuasi lógico matemático el valor ángulo teta que aquí es 90° . Partiendo del flujo como producto escalar (*tesis 4*) llega al resultado de flujo cero por su formulación matemática, confirmado con la respuesta “el ángulo vale 90° ” de los estudiantes [D11_L]. Estos dos argumentos han servido para enlazar el concepto cualitativo y matemático de flujo.

Tesis 10: “El valor del flujo eléctrico proviene del producto escalar $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$; es decir, del producto del campo eléctrico, del área y del coseno del ángulo teta entre ellos: $\Phi_E = E \cdot A \cdot \cos \theta$ ” [D12_L] (desarrolla tesis 4)

Premisa 21: = *Tesis 4* $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$

Premisa 22: Concepto de vector campo eléctrico, concepto de vector área y concepto de ángulo entre estos vectores.

Premisa 23: Producto escalar entre vectores

Argumento de autoridad propia, característico de la profesora, basado en la estructura de lo real.

Argumento de deducción matemática si se interpreta que se aplica la fórmula de producto escalar directamente.

- **Escenario 2_L: La ejemplificación del flujo a través de la carpeta (3/3).** En esta tercera parte [D12_L], Laura elabora tres tesis distintas pero interrelacionadas que forman un *macro argumento de doble jerarquía*, analizando cómo interviene cada elemento de la fórmula desarrollada de flujo: intensidad de campo eléctrico, área de la superficie y ángulo entre estos vectores; (tesis 10) en el resultado del valor del flujo.

Tesis 11: “El valor del flujo eléctrico depende del valor del coseno del ángulo entre los vectores superficie y campo eléctrico” (A *mayor* valor del coseno del ángulo *mayor* valor del flujo).

Premisa 24: Tesis 10 ($\phi_E = E.A.\cos \theta$)

Se identifican dos tipos de argumentos:

Argumento de doble jerarquía, por enlace de coexistencia, basado en la estructura de lo real. Serie 1: Valor del coseno del ángulo entre vectores campo eléctrico y área; serie 2: Valor del flujo eléctrico. Por una relación de proporcionalidad directa.

Tesis 12: “El valor del flujo eléctrico depende de la intensidad de campo eléctrico (E) (a *mayor* intensidad de campo, *mayor* será el flujo” (D12_L)

Premisa 25: = Concepto de vector campo eléctrico y de la intensidad de campo eléctrico, como módulo de este vector

Premisa 26: Tesis 10 ($\phi_E = E.A.\cos \theta$)

Se identifican dos tipos de argumentos:

Argumento de doble jerarquía, por enlace de coexistencia, basado en la estructura de lo real. Serie 1: Valor de la intensidad de campo eléctrico; serie 2: Valor del flujo eléctrico. Por una relación de proporcionalidad directa.

Tesis 13: “El valor del flujo eléctrico depende proporcionalmente del área de la superficie” (D12_L)

Premisa 27 = *Tesis 2* (Flujo como número de líneas que atraviesan la superficie)

Premisa 28 = Concepción de superficie que atraviesan las líneas de campo eléctrico.

Argumento de doble jerarquía por enlaces de coexistencia donde la primera serie sería la de valor de la superficie y la segunda el número de líneas que atraviesan la superficie. Por una relación de proporcionalidad directa: a *más* superficie -> *más* número de líneas (que es lo mismo que *más* valor de flujo), o dicho en sentido inverso: a *menos* superficie -> *menos* número de líneas (que es lo mismo que *menos* valor de flujo).

En general en el **escenario 2_L**: se puede interpretar observando las tesis enunciadas en los episodios D07_L a D12_L, una estructura formada por dos macro argumentos:

- **[D07_L, D11_L]: Macro argumento por el ejemplo** de la *tesis 2*, que incluye los casos particulares o ejemplos: Ejemplo 1(D07_L, D09_L), Ejemplo 2 (D10_L), Ejemplo 3 (D10_L, D11_L) Vistos como ejemplos, integrarían **un macro argumento por el ejemplo** que consta de diversos ejemplos parciales.
- **[D12_L]: Macro argumento de doble jerarquía**, por enlaces de coexistencia, donde la primera serie de la doble jerarquía la forman tres series asociadas a las componentes de la fórmula del flujo (campo, área, y ángulo θ -coseno de θ) y la segunda serie es el valor del flujo, series relacionadas por una proporcionalidad directa.

Se considera que la fórmula desarrollada o tesis 10, es la tesis principal ya que contiene a las tesis más parciales que han ido saliendo en estos episodios [D07_L, D12_L].

En la tabla 8.44a) se presenta la síntesis argumentativa [D01_L, D12_L] de la historia de Laura.

Tabla 8.44a. La historia de Laura descrita desde la argumentación: Flujo Eléctrico [D01_L, D12_L]].

Apertura Sin escenario		Escenario 1_L El plano en campo eléctrico uniforme	Escenario 2_L La carpeta y el aula inmersa en un campo eléctrico uniforme con LCE que van de pared a pared		
A. Autoridad		Arg. Ilustración	Macro Argumento por el ejemplo + Doble jerarquía		
Escritura		Escritura y Dibujo	Representación con la carpeta y gestualidad. Escritura matemática.		
<p>Tesis 1: La ley de Gauss es la primera de las ecuaciones de Maxwell [D01_L]</p> <p>Tesis 2: El flujo eléctrico, es una magnitud física escalar que es directamente proporcional al número de líneas que atraviesan una superficie. [D02_L]</p> <p>Premisa/tesis anticipada: El flujo magnético al igual que el flujo eléctrico, tiene que ver con el número de líneas de inducción de campo magnético que atraviesan una superficie. [D03_L]</p>		<p>Tesis 3: El <u>vector superficie</u> representa el área de la superficie, con dirección perpendicular a la superficie y su sentido apunta <u>saliendo</u> de la superficie. [D04_L]</p> <p>Tesis 4: El flujo eléctrico a través de una superficie se define como el producto escalar del campo eléctrico por el vector de superficie [D05_L, D06_L]</p> $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$ <p>Tesis 5: En una superficie plana y con campo eléctrico uniforme, <u>el ángulo</u> que forma el vector superficie con el campo eléctrico en todo punto <u>es el mismo</u>. [D06_L]</p>	<p>Tesis 6: Al hablar de una superficie plana hay que definir cuál es la cara externa. (complementa T3, define el sentido del vector área en el plano) [D08_L]</p> <p>Tesis 7: El flujo eléctrico a través de la superficie de la carpeta <u>es máximo</u> cuando está colocada perpendicular a las líneas de campo eléctrico. (<i>posición inicial</i>). (caso 1 – T2) [D07, D09]</p>	<p>Tesis 8: El número de líneas de campo que atraviesan la carpeta, <u>va disminuyendo</u> a medida que giro el plano iniciando desde la <i>posición inicial</i> [D10] (caso 2 – T2)</p> <p>Tesis 9: “El flujo eléctrico a través de la superficie (la carpeta) cuando las líneas de campo eléctrico son tangentes a la superficie, <u>vale cero</u>” (caso 3 – T2) [D10_L, D11_L]</p> <p>Tesis 10: El flujo eléctrico, proviene del producto escalar (<i>tesis 4</i>) definida como: [D12]</p> $\phi_E = E \cdot A \cdot \cos(\theta)$	<p>Tesis 11: “El valor del flujo eléctrico depende proporcional al valor del coseno del ángulo entre los vectores superficie y campo eléctrico (caso 4 – T10) [D12_L]</p> <p>Tesis 12: El valor del flujo eléctrico depende de la intensidad de campo eléctrico, a mayor intensidad de campo, mayor será el flujo. (caso 5 – T10)</p> <p>Tesis 13: El valor del flujo eléctrico depende del área de la superficie (a mayor área, mayor será el número de líneas que la atraviesan y, por lo tanto, mayor será el flujo. (caso 6 – T10)</p>
D01	T1: Argumento coexistencia por citación de Autoridad	D04 a D06 T3: Argumento de Autoridad T3: Argumento visual de ilustración al identifica partes: módulo, sentido y dirección.	D07 T6: Argumento visual por ilustración T6: A. autoridad T6: A pragmático	D10 T8: Argumento por el Ejemplo T8: Argumento visual por ilustración a representación con objeto,	D12 T10: Argumento de autoridad T10: Argumento por deducción matemática
D02	T2: Argumento de Autoridad	D05 T4: Argumento de autoridad propia T4: Argumento visual por ilustración , al escribirlo y dibujar sus componentes	D07 D08 D09 T7: Argumento visual por ilustración representación con objeto, gestualidad y desplazamiento. PERO aún no justificada, solo se basa en la profe: T7: Argumento por autoridad	D10 T9: Argumento visual por ilustración con el brazo (LCE) recorriendo tangente a la carpeta (plano)	T11- T12- T13: macro argumento doble jerarquía (Serie 1: coseno θ , campo, área); (Serie 2: valor del flujo) por proporcionalidad A más \rightarrow más, a menos \rightarrow menos.
D03	tesis anticipada Argumento por Analogía .	D06 T5: Argumento visual de ilustración y T5: Argumento cuasi lógico matemático (simbología gráfico matemática)		D11 T9: argumento cuasi lógico matemático con el otro brazo apuntando a la pizarra resaltando 90°.	

Fuente: Elaboración propia

- **Escenario 3_L: El plano inclinado y la colocación de ejes coordenados correspondientes para validar la vista de perfil. [D13_L, D17_L].** Montse elabora tres tesis relacionadas con la justificación sustentada por el dibujo del sistema, que en conjunto constituyen un **macro argumento visual por demostración** a través del dibujo en secuencia, la representación y la expresión matemática, con el objeto de mostrar realizando con el giro o inclinación del plano (equivalente al giro de la carpeta) la definición cualitativa y matemática del flujo (tesis 2, tesis 4 y tesis 10). Paralelamente tiene el objetivo de enseñar al estudiante la formalidad del procedimiento gráfico matemático para fundamentar la explicación. Se observa que primero construye elementos que sustentan la visión espacial y su vista de planta, para luego realizar la repetición de la enumeración de las mismas tesis 7,8 y 9, del segmento anterior construyendo nuevos significados para justificarlas y lograr el feedback de los estudiantes. Es decir, se repite sobre la pizarra, los casos o ejemplos trabajados en el escenario imaginario de la carpeta, y se concretan trabajando con dibujos en la pizarra con la profesora señalando para orientar sobre lo que “hay que ver” en estos dibujos.

Tesis 14: En la representación gráfica del plano y líneas de campo, para pasar de la vista de un sistema (3d espacial) a la vista en un plano (2d), se recomienda sustentar el nuevo dibujo colocando: a) desde donde se observa (símbolo del ojo); b) dibujar los ejes coordenados en el sistema inicial, c) dibujar como quedan estos ejes coordenados en la vista sobre un plano, d) verificar los elementos del sistema (su direccionalidad y posición) que sean correspondientes en las dos vistas [D13_L, D15_L].

Premisa 29: ejes de coordenadas x, y, z, simbología gráfico matemática.

Premisa 30: Visión espacial

Argumento visual por demostración gráfico, justificada y argumentada visualmente por el dibujo y la representación con la carpeta, identificando ejes coordenados, la rotación de ejes y la trasposición de la vista espacial al plano

Tesis 15: “El valor del flujo es máximo cuando el ángulo entre el vector superficie y el vector campo eléctrico vale cero” [D16_L] (caso particular) (repite tesis 7, D10_L)

Premisa 31: tesis 7 (si yo coloco la carpeta perpendicular a las LCE el flujo eléctrico es máximo)

Premisa 32: = Tesis 10 ($\phi_E = E.A.\cos \theta$)

Premisa 33: = Tesis 3 (vector superficie, modulo y dirección y sentido)

Argumento visual de demostración por representación gráfica de vectores E, A, inicia con una acción de giro (simbología) sobre la figura inicial del plano, para dibujar la

nueva figura resultante con el plano perpendicular a las líneas de campo, sobre la que dibuja vectores, indicando el ángulo que forman entre ellos. Recordando tesis 7, con la actuación de “la carpeta perpendicular” en D10_L.

Argumento de deducción matemática por aplicación de la expresión del flujo como producto escalar desarrollado (*tesis 10*) y confirma con las respuestas de los estudiantes.

Tesis 16: “El valor del flujo es cero cuando las líneas de campo eléctrico son paralelas al vector superficie” [D17_L] (caso particular) (repite tesis 9, D10_L)

Premisa 34: = Tesis 9 (el flujo eléctrico a través de la superficie (la carpeta) cuando las líneas de campo eléctrico son tangentes a la superficie, vale cero)

Premisa 35: = Tesis 10 ($\phi_E = E \cdot A \cdot \cos \theta$)

Premisa 36: = Tesis 3 (vector superficie, modulo y dirección y sentido)

Argumento visual de demostración por representación gráfica, Montse dibuja nuevamente la figura del plano inicial en la otra pizarra, y repite la acción de giro sobre la figura “si sigo girando”, para dibujar la nueva figura resultante con el plano tangente a las líneas de campo sobre la que repite la acción de dibujar vectores, indicando el ángulo que forman entre ellos. Recordando la actuación con la carpeta al final de D10_L.

Argumento de deducción matemática por aplicación de la expresión del flujo como producto escalar desarrollado (*tesis 10*) y confirma con las respuestas de los estudiantes.

- **Escenario 4_L: La superficie no plana y líneas de campo no uniforme.** Constituye un argumento por ilustración, soportado en el dibujo y la expresión matemática, con la ecuación del flujo como integral.

Tesis 17: “El flujo eléctrico para superficies no planas y en un campo no uniforme, es igual a la integral del producto escalar del campo por el vector diferencial de superficie”

$$d\phi_E = \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad \phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad [\text{D21_L}]$$

Premisa 37: Concepto de diferencial de superficie y su representación vectorial.

Premisa 38: Concepto de producto escalar de vectores.

Premisa 39: Concepto de integral como suma de diferenciales.

Argumento cuasi lógico matemático por adición por definición de integral como suma de diferenciales.

Tesis 18: “Las unidades del flujo en el sistema internacional son $[(N/C) \cdot m^2]$ (D22_L)

Premisa 40: Definición de flujo como producto escalar de E y S .

Argumento de Deducción matemática por aplicación de las unidades a cada factor del producto. **E:** N/C **A:** m²

Tesis 19: “El flujo puede ser cero, positivo, o negativo según el ángulo que forman entre sí los vectores intensidad de campo y diferencial de superficie” (D22_L).

$$\Phi_E = 0 \text{ si } E=0 \text{ ó } E \perp ds$$

$$\Phi_E > 0 \text{ si } E \text{ y } ds \rightarrow \phi < \pi/2$$

$$\Phi_E < 0 \text{ si } E \text{ y } ds \rightarrow \phi > \pi/2$$

Argumento por deducción matemática por aplicación de la fórmula integral del flujo de los valores de E y del ángulo.

En la tabla 8.44b se presenta la síntesis argumentativa [D13_L, D22_L] de la historia de Laura.

8.4.9.3 *La “presencia” en la explicación de Laura.*

La presencia. Se observa que para Laura es importante darle presencia a su explicación. Utiliza la repetición, generalmente la frase la dice al menos dos veces seguidas; igualmente utiliza el tono de voz de autoridad, y cuando explica lo hace enfatizando las palabras como si estuviese dictando. En la pizarra da presencia con la escritura con detalle de lo que dice, usando la simbología matemática, igual ocurre al dibujar por ejemplo en la secuencia del plano, que acompaña el dibujo de la simbología gráfico matemática, acompañada de los valores de las variables. Toma en cuenta la representación espacial de vectores, eso se nota en la gestualidad con los brazos, el desplazamiento para indicar las líneas de campo imaginarias en el aula, encorva el cuerpo, a la vez que enfatiza las palabras con el tono y la cabeza, el uso de la carpeta y el dibujo espacial, que reviste su discurso de una presencia de alto nivel por la redundancia en la construcción espacial.

La presencia está en su forma de explicar, utiliza la repetición, de forma exhaustiva valiéndose de diferentes escenarios para plantear los casos que desea plantear, este hacer la caracteriza.

Tabla 8.44b. La historia de Laura descrita desde la argumentación: [D13_L, D22_L] Flujo Eléctrico.

Escenario 3_L Plano Inclinado y campo eléctrico uniforme (Repite Escenario 2_L: carpeta)		Escenario 4_L Superficie No plana y campo eléctrico NO uniforme	
Macro Argumento de Demostración por representación gráfica		Macro Argumento por Deducción matemática	
Dibujos en secuencia, simbología grafico-matemática- representación con la carpeta, rotulador y gestos		Dibujo y Expresión matemática	
<p>Tesis 14: En la representación gráfica para pasar de la vista de un sistema (3d espacial) a la vista en un plano (2d), se recomienda sustentar el nuevo dibujo siguiendo el procedimiento dado. [D13, 15]</p> <p>Tesis 15: El valor del flujo es máximo cuando el ángulo entre el vector superficie y el vector campo eléctrico vale cero (Tesis 7) [D16_L]</p> <p>Tesis 16: El valor del flujo es cero cuando las líneas de campo eléctrico son paralelas al vector superficie (Tesis 9) [D17_L]</p>		<p>Tesis 17: EL flujo eléctrico para superficies no planas y en un campo no uniforme, es igual a la integral del producto escalar del campo por el vector superficie. [D21_L]</p> $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$ <p>Tesis 18: Las unidades del flujo eléctrico en el sistema internacional es (N/C).m² [D22_L]</p> <p>Tesis 19: El flujo puede ser cero, positivo, o negativo, según el ángulo que forman entre sí los vectores intensidad de campo y diferencial de superficie [D22_L]</p>	
D13 D14 D15	T14: Argumento visual por demostración gráfica, usando simbología gráficos-matemáticos, Rotación de ejes coordenados, verificación de elementos en los dos dibujos	D18 D19 D20 D21	T17: Argumento cuasi lógico, matemático de adición por definición de la integral
D16	T15: A. visual demostración , representación gráfica de vectores, y luego por (tesis 10) T15: A. de deducción matemática coloca valores de teta y flujo	D22	T18: A. de deducción matemática
D17	T16: A. visual demostración representación gráfica de vectores, y luego por (T10) T16: A. de deducción matemática coloca valores de teta y flujo	D22	T19: A. de deducción matemática

Fuente: Elaboración propia

8.4.9.4 *La creación de la comunión del auditorio.*

La comunión con la audiencia La comunión con el auditorio se establece a) cuando implica al estudiante en su discurso inclusivo usando el verbo en tercera persona del plural (Ej vamos a, que pasa si nosotros, fíjense un momentico), b) la formalidad al ubicar el tema dentro del programa, anticipando contenidos que verán más adelante, hace ver al estudiante hacia donde se dirigen con la materia en general, c) en la pregunta retórica y en la vuelta que da cuando no siente el *feedback* hace sentir que toma en cuenta al alumnado y el estudiante sabe que son importantes para la profesora.

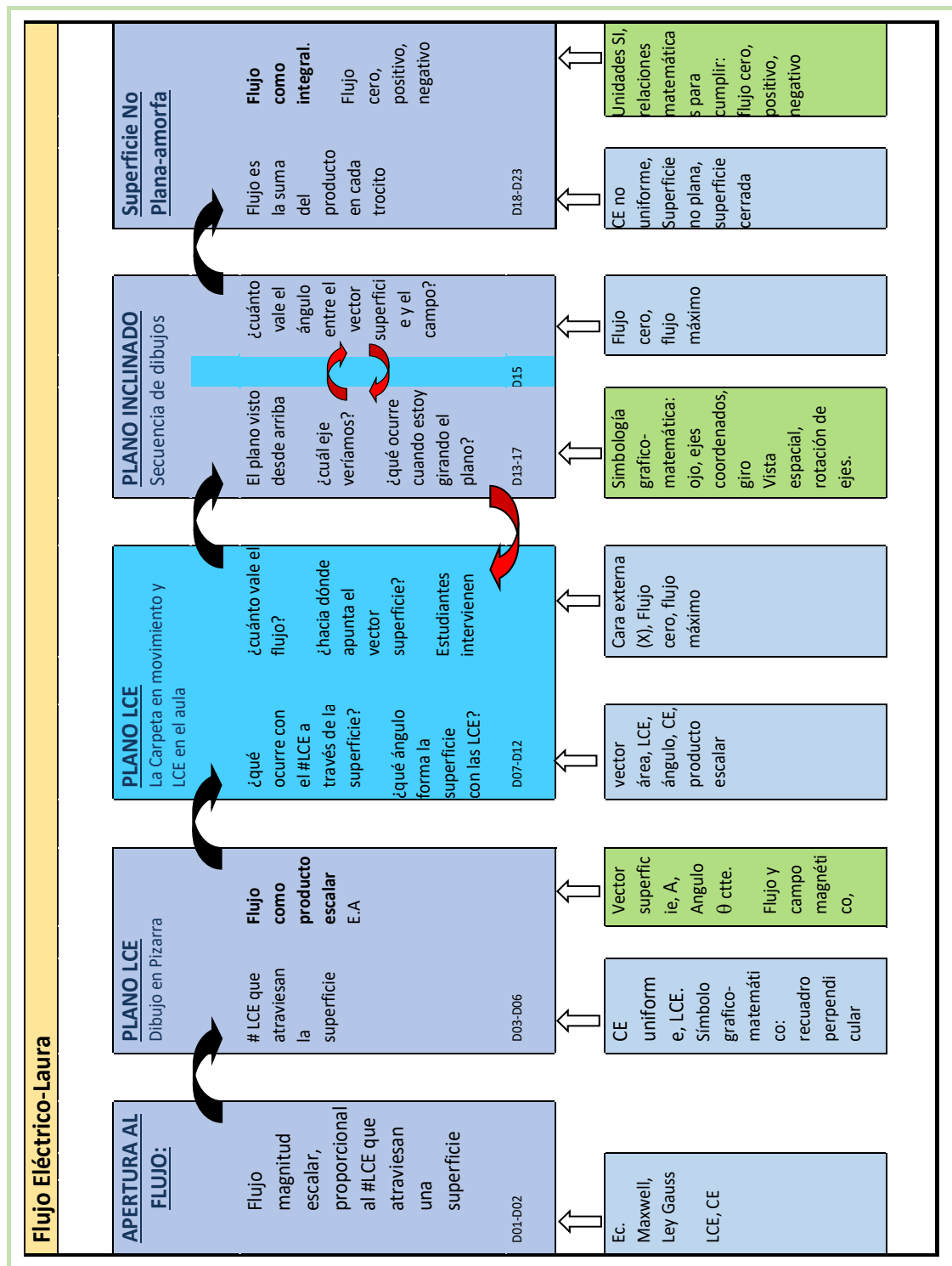
Laura tiene una mirada “tipo faro”, que recorre el aula buscando la atención y recibiendo el *feedback*, que verifica con el uso de preguntas críticas para hacerlos pensar a lo que vendrá, o preguntas guiadas, para provocar la interacción y conseguir la comunión del auditorio.

8.4.9.5 *Interacción de los escenarios contruidos en la historia de Laura*

Interacción de los escenarios en la historia contruida por Laura. En la tabla 8.45 se muestra el desarrollo continuo de la historia de Laura para construir los conceptos de flujo, donde se muestran en forma de bloques los segmentos de la historia, caracterizados por los escenarios representados, las flechas curvas representan las conexiones en el discurso y en la parte inferior encerrados en recuadros se resumen las entidades que son contruidas o que se refuerzan para cada segmento. Se destaca con flechas curva la interacción entre los escenarios nuevos y anteriores.

Tabla 8.45. Esquema de escenarios y argumentos en la historia de Laura.

Tabla 8.45. Esquema de escenarios y argumentos en la historia de Laura.



Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

8.4.10 Aspectos multimodales y modos comunicativos de Laura

La historia de Laura al igual que los otros profesores se analiza en tres pasos. El **primer paso** corresponde a *presentar la historia de forma muda*, colocando en secuencia las imágenes que identifican las acciones destacadas durante la construcción de la historia explicativa. El **segundo paso** es tabular los episodios de la historia junto con el primer paso y *presentar las categorías de la dimensión multimodal*, agregando las subcategorías encontradas. Estos dos pasos se presentan en forma gráfica. El tercer paso es discutir la interacción de los modos comunicativos en la historia

- Puesta en Escena, organizada según los escenarios Tabla 8.46
- Modos comunicativos. Se representan las subcategorías de la dimensión multimodal en el concepto de flujo. Episodios D01_L a D22_L. Tabla 8.47.
- La interacción de los modos comunicativos. Tabla 8.48

8.4.10.1 *La puesta en escena de Laura.*

La puesta en escena resume de forma visual, la acción del profesor a lo largo de la explicación. Para ello se construyó la tabla 8.46, dividida en tres partes: apertura y plano - hemisferio-dipolo-analogía piscina. Se recuerda que, para el ejemplo de la carga puntual, la puesta en escena se encuentra en el apartado 7.3. El propósito la puesta en escena es utilizar la expresión visual; y a continuación, se da una breve descripción de la tabla 8.46.

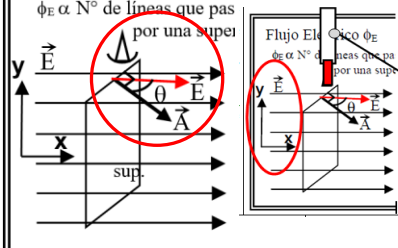
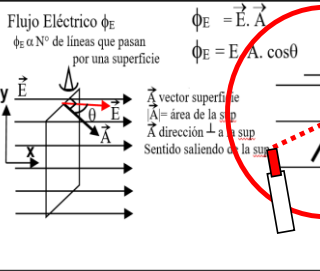
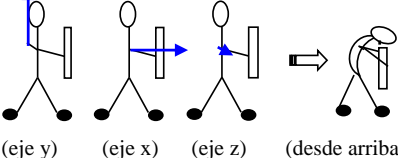
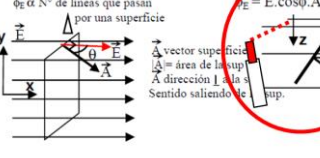
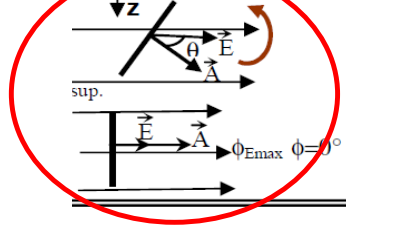
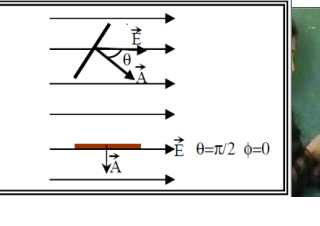

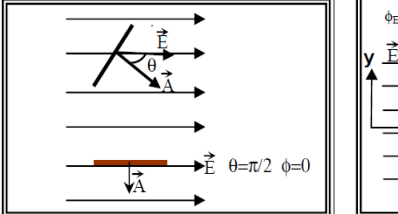
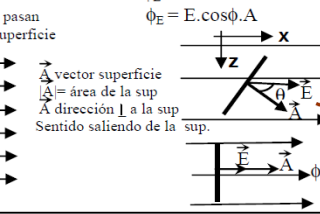
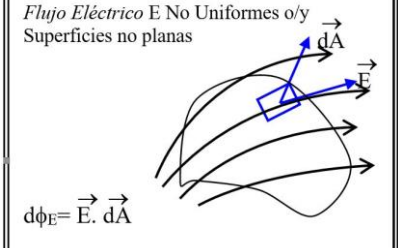
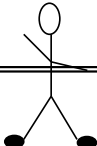
- **El plano y la representación con la carpeta (apertura, escenarios 1_L y 2_L).** Abarca la explicación de Laura desde la apertura, la construcción del concepto cualitativo del flujo hasta el flujo como producto escalar. Abarca el plano y la representación con la carpeta. Episodios D01_L -D12_L. Tabla 8.46a
- **Plano inclinado y superficie no plana (escenarios 3_L y 4_L).** Inicia con el escenario en la pizarra del plano inclinado para construir el flujo como producto escalar, luego el escenario de la superficie no plana, en la construcción del flujo como la integral del producto escalar. Episodios D13_L a D22_L. Tabla 8.46b

Tabla 8.46a. Puesta en escena de Laura. Flujo eléctrico, dibujo del plano y uso de la carpeta.

DD1 E EN, ES, EV GA	[D04_L]	EN, ES, EV, EM, D→E	[D05_L, D06_L]
ROIG-carpeta describe el aula inmersa en un campo uniforme con LCE que salen de la pared a la izq. y llegan a la pared opuesta. Y la carpeta es su plano.	[D07_L]	ROIG-carpeta PG dibuja una X sobre la carpeta - cara externa y verifica comprensión del sistema representado	[D08_L]
ROIG-carpeta + PF + mirada alrededor. El brazo = vector superficie VA	[D09_L]	ROIG- gira la carpeta + PR (flujo ¡cero!) con el brazo representa al LCE	[D10_L]
ROIG- VA apunta hacia la pizarra + PR (¿este ángulo vale? ¡noventa grados!) con el brazo representa al VA	[D11_L]	EM GA GA ROIG carpeta (mitad)	[D12_L]

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.46b. Puesta en escena de Laura. Plano inclinado y superficie no plana.

ES DS1→DS2 ROD rotulador= Vista PF	[D13_L]	DS2 ROD rotulador= Eje PR	[D14_L]
<p>Flujo Eléctrico Φ_E $\Phi_E \propto N^\circ$ de líneas que pasan por una superficie</p> 		<p>Flujo Eléctrico Φ_E $\Phi_E \propto N^\circ$ de líneas que pasan por una superficie</p> <p>$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$ $\Phi_E = E \cdot A \cdot \cos\theta$</p> <p>$\vec{A}$ vector superficie A = área de la sup. \vec{A} dirección \perp a la sup. Sentido saliendo de la sup.</p> 	
ROIG representa a la vista brazos= ejes	[D15_L]	ES DS1→DS2 ROD rotulador= eje	[D15_L]
 <p>(eje y) (eje x) (eje z) (desde arriba)</p>		<p>Flujo Eléctrico Φ_E $\Phi_E \propto N^\circ$ de líneas que pasan por una superficie</p> <p>$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$ $\Phi_E = E \cdot \cos\phi \cdot A$</p> <p>$\vec{A}$ vector superficie A = área de la sup. \vec{A} dirección \perp a la sup. Sentido saliendo de la sup.</p> 	
ES DS1→DS3 ROD rotulador= Vista PF	[D16_L]	ES DS1→DS4	[D17_L]
 <p>$\Phi_{Emax} \quad \phi = 0^\circ$</p>		 <p>$\theta = \pi/2 \quad \phi = 0$</p>	
Pizarra verde	[D17_L]	Pizarra blanca	[D17_L]
 <p>$\theta = \pi/2 \quad \phi = 0$</p>		<p>Flujo Eléctrico Φ_E $\Phi_E \propto N^\circ$ de líneas que pasan por una superficie</p> <p>$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$ $\Phi_E = E \cdot \cos\phi \cdot A$</p> <p>$\vec{A}$ vector superficie A = área de la sup. \vec{A} dirección \perp a la sup. Sentido saliendo de la sup.</p>  <p>$\Phi_{Emax} \quad \phi = 0^\circ$</p>	
D-5 Flujo eléctrico en campo no uniforme y superficie no plana.	[D19_L]	EM E Flujo eléctrico y relaciones según el ángulo teta	[D21_L, D22_L]
<p>Flujo Eléctrico E No Uniformes o/y Superficies no planas</p>  <p>$d\Phi_E = \vec{E} \cdot d\vec{A}$</p>		<p>Flujo Eléctrico Φ_E $\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$</p> <p>S.I.: N/C.m² $\Phi_E = 0$ si $E=0$ ó $E \perp ds$ $\Phi_E > 0$ si E y $ds \rightarrow \theta < \pi/2$ $\Phi_E < 0$ si E y $ds \rightarrow \theta > \pi/2$</p> 	

Fuente: Elaboración propia

8.4.10.2 *Modos comunicativos en Flujo utilizados por Laura.*

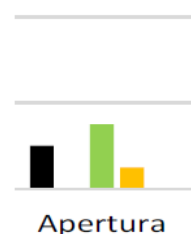
En la tabla 8.47 se muestran los modos comunicativos que aparecen a lo largo de la historia de Laura, episodios [D01_L, D23_L] en la construcción del flujo como integral de área. Esta tabla está formada por tres filas, la primera contiene el *tablero modal*, debajo se encuentra un *esquema de barras* de la interacción entre los modos alineada con el tablero modal para hacer corresponder los segmentos; continuando en la tercera fila otro esquema de barras resumido por escenario, y finalmente se encuentra la leyenda.

En el tablero modal de la tabla 8.47, se presenta las categorías de modos comunicativos utilizadas en la historia. La primera macro columna contiene los modos comunicativos y las subcategorías que aparecen en la historia. En la parte superior del tablero se encuentra el encabezado, donde se presentan los 23 episodios, organizados en **cinco partes**, con una breve descripción de lo que trata cada parte: la introducción a la clase (apertura), la segunda el dibujo del sistema plano - LCE (escenario 1_L), la tercera con “la carpeta y LCE en el aula” (escenario 2_L), la cuarta parte con el plano inclinado y secuencia (escenario 3_L), y la quinta parte corresponde a la superficie no plana (escenario 4_L). En la última fila se colocan nuevamente los episodios enumerados D01_L-D23_L como guía. En el apartado siguiente se presenta la descripción de cada una de las cinco partes de este segmento explicativo.

En *los gráficos de barras*, parte inferior de la tabla 8.47, se presenta la interacción de los modos siguiendo las cinco partes anteriormente descritas, y luego la siguiente gráfica reclasifica el segmento en: introducción (apertura), superficie del plano (escenario 1_L, escenario 2_L y escenario 3_L) y superficie no plana (escenario 4_L).

➤ *La apertura, con escritura en la pizarra.*

- **Parte 1: Introducción [D01_L, D02_L].** Este primer segmento de sólo dos episodios se destaca el uso de la escritura en la pizarra, no tiene dibujo y tiene como objetivo presentar el concepto de flujo, ubicando la Ley de Gauss y su importancia científica como la primera de las ecuaciones de Maxwell. En el modo verbal se destaca su forma de hablar como si estuviese dictando (GF), marcando las palabras y la pregunta retórica simple que no espera respuesta ¿está claro?, ¿okey? (Pr). En el modo gestual utiliza el gesto apuntador sobre el título y la nomenclatura, destaca igualmente la mirada que recorre toda el aula. En la escritura sobre la pizarra (barra



verde), se destaca el título (ET), la presentación de la simbología para el nombre del flujo (EN) y la descripción escrita en lenguaje simbólico - matemático (ES).

- **Interacción de modos en la apertura:** En el esquema de barras en la segunda fila de la tabla 8.47, se describe con las barras, lo observado en estos dos episodios: verde (escritura) que predomina, la negra (pregunta retórica) y la amarilla por la pausa que enlaza al episodio siguiente.

➤ *Sistema Plano.*

Este bloque formado por quince episodios [D03_L, D17_L], se subdivide la explicación en tres escenarios (escenario 1_L: dibujo del plano, escenario 2_L: la carpeta y el aula, y el escenario 3_L: dibujo en secuencia):

Parte 2. Escenario 1_L Presentación del sistema para definir el flujo [D03_L, D06_L]. formado por cuatro episodios que se presentan en el tablero multimodal ubicado en la primera fila de la Tabla 8.47 y se describe a continuación.

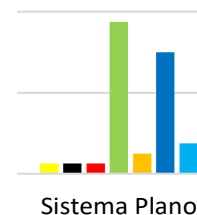
En el modo verbal y de gestos, se observa la pausa luego de copiar la definición del flujo en la pizarra, verificando con la audiencia para continuar con la descripción del sistema del plano usando el gesto apuntador (GA), e igual verifica los elementos que va dibujando con la pregunta crítica “¿este sería quién?” (PF) y luego una pregunta retórica para justificar los vectores “como la superficie es plana... ¿okay?” (Pr).

En el modo de escritura, inicia con el concepto de flujo y su simbología (E, ES), y continua en D04_L con el concepto de vector superficie describiendo sus componentes como vector (E, ES, EN), usando la simbología (variable, vectorial, perpendicular) y la nomenclatura (nombre de la variable, módulo) matemática correspondiente. A partir de D05_L escribe la definición matemática de flujo como producto escalar (EM) y realiza el enlace con el dibujo desde descripción (D→E) y desde la expresión matemática (D→EM) dibuja sobre el plano los vectores con su nombre E, A, su simbología vectorial y destacando perpendicularidad al utilizar la simbología del rectángulo en la base del vector área.

En el modo de dibujo destaca cómo va agregando detalle al dibujo a medida que desarrolla la explicación. Se observa la repetición de las variables, pero cumpliendo funciones diferentes que complementan su definición: en el **dibujo**, en el **texto descrito** y en la **ecuación matemática**;

para asegurar que el estudiante haga las conexiones, de coherencia a la explicación y que “todo quede por escrito” como debería ser el *cuaderno del estudiante*. Para Laura es importante esta forma de expresarse y la comunica en su hacer, sirviendo de modelo para el estudiante, de cómo debe ser la comunicación escrita (Ej. en la redacción de la evaluación, la presentación de trabajos, en su cuaderno).

- **Interacción de los modos comunicativos en el escenario 1_L: EL dibujo del Plano [D03_L, D06_L]:** Laura destaca por su escritura y dibujo descriptivo en la pizarra para presentar los elementos del sistema: plano, líneas de campo, vector superficie, vector campo, ángulo teta y flujo. Utiliza la *representación* con el rotulador, para presentar al vector superficie, saliendo del pizarrón de forma perpendicular.



Parte 3. Escenario 2_L Representación con la carpeta [D07_L, D12_L]. Formado por seis episodios que se presentan en el tablero multimodal ubicado en la primera fila de la Tabla 8.47 y se describe a continuación. Se pueden distinguir dos partes. La primera [D07_L, D09_L] dedicada a que los estudiantes se involucren en el nuevo escenario y vean a las entidades líneas de campo y vector área, introduciendo significados al concepto cualitativo de flujo. La segunda parte [D10_L, D12_L] dirigida a formalizar la expresión del flujo como producto escalar, y presentar la proporcionalidad del flujo con los tres elementos (área, campo y ángulo).

En el modo verbal se destaca el uso de la pregunta crítica como soporte a la representación, guiando el hilo de la historia. En la primera parte se observa el uso de la pregunta guía en los tres episodios (PG) que va dirigiendo al estudiante para que “vean” el escenario imaginario que ella describe (las líneas de campo, la cara externa en el plano de la carpeta, las líneas atravesando la carpeta), combinada con la pregunta de interacción (PR) que en D08_L realiza y recibe respuesta de los estudiantes “noventa grados”, y el uso de la pregunta retórica (Pr) *que no recibe respuesta* pero que utiliza para censar la comprensión del estudiante como es el caso de la condición *de flujo máximo* (D09_L) y *está señalada en el tablero con un redondel y de color oscuro*. En la segunda parte, continua el uso de la pregunta retórica (Pr), pero aumenta la interacción (PR) con la dinámica de pregunta-respuesta (D10_L, D11_L) para hacer ver cómo intervienen los elementos campo, área y ángulo en el valor del flujo y retomando la pregunta sin respuesta anterior. En D11 confirma la comprensión del estudiante, representando al vector

área, el campo y preguntando por el ángulo, y responden los estudiantes, realizando la conexión “flujo cero” con “ángulo noventa grados”. En el tablero se puede observar que se va señalando el camino con líneas rojas que unen *los redondeles de las preguntas cuando no obtiene respuesta(oscuras) y las repite*.

Entre *las funciones de la pregunta* se observó: a) de enlace del dibujo realizado a la representación que va a iniciar, en D07_L - ¿qué ocurre con el **número de LCE**?, b) verifica si los estudiantes observan las variables del sistema imaginario, en D08_L - ¿así, que la superficie forma qué **ángulo** con la LCE?, c) analiza con los estudiantes casos particulares del **flujo** (flujo máximo, mitad) en D12 - y si tomo la mitad de la carpeta, ¿Cuánto vale el flujo?, en D09_L - ¿si el vector superficie apunta a la derecha y el campo apunta a la derecha, el flujo cómo es?, d) usa la repetición si no recibe el feedback en D10_L repite la pregunta anterior - si las LCE son tangentes a la superficie, ¿qué ocurre con el flujo?, e) provoca la visión imaginaria en movimiento en D10 - ¿**qué ocurre si** giro el plano? - para guiarlas luego - ¿qué va a pasar con las LCE que atraviesan la superficie?, f) agota la forma de preguntar lo mismo, que ya han respondido, pero visto con otra variable en D11_L caso particular (**flujo** cero) -el **ángulo** que forma el vector área (apunta hacia la pizarra) y el campo (rozando la carpeta apunta hacia la “derecha” del estudiante), ¿cuánto vale? (noventa grados). Se observa la repetición cuando no recibe el feedback.

En el modo de representación se engloba la representación con objeto real, imaginario, con gestualidad y desplazamiento (ROIG) que se describe en el modo gestual.

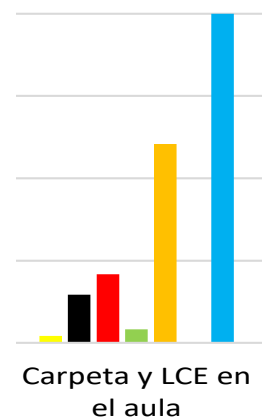
En el modo gestual, Laura utiliza el tono de voz (GF), los gestos apuntadores GA para describir las líneas de campo imaginarias, representando el vector área, señalando la expresión matemática; la gestualidad narrativa con su expresión corporal (GN) cuando se desplaza dibujando en el aire o cuando encorva para enfatizar lo que dice y representa con los brazos. En D07_L recrea el sistema, Laura muestra mayor desplazamiento para dibujar líneas de campo imaginarias que atraviesan el aula de pared a pared (de izquierda a derecha del estudiante) y toma una carpeta como su plano a la cual le marca una cara por la que sale el vector área. En D08, hasta D11_L, Laura apoyada en el escritorio inicia la representación con la carpeta de perfil (D08 y D09), girando la carpeta (D10), luego con una pausa al colocar la carpeta paralela al campo, representando con una gestualidad narrativa, encorvando el cuerpo y con el brazo deslizándose sobre la carpeta hacia la derecha del estudiante para representar al campo, y recibe al fin respuesta de la interacción con los estudiantes (estudiantes: flujo ¡cero!).

En el modo de escritura, en D12_L realiza la conexión de la representación de la carpeta con la expresión matemática ($R \rightarrow EM$) desarrollando el producto escalar (EM), para el flujo.

○ **Interacción de los modos comunicativos en el escenario**

2_L: La representación con la Carpeta [D07_L,

D12_L]: Al contrario que en el segmento anterior, no hay escritura ni dibujo, no hay uso de la pizarra (en cinco de los seis episodios), sólo en el episodio final para hacer el enlace a lo que vendrá. Es una dinámica que busca la interacción con el estudiante para verificar la comprensión de la expresión matemática del flujo. En la segunda fila de la tabla 8.47 con el diagrama de barras se caracteriza este segmento por la representación (azul claro), la gestualidad (ocre) y la interacción en el modo verbal (negro y rojo).



Parte 4. Escenario 3_L: Dibujo en secuencia del plano inclinado [D13_L, D17_L]. Formado por cinco episodios Caracterizado por el dibujo en secuencia.

En el modo verbal, durante los tres episodios iniciales del segmento, utiliza la repetición de la pregunta crítica para ayudar a la visualización de la transformación realizada al sistema para dibujarlo “desde arriba”. Acompañado del rotulador en el primer dibujo (D13_L) o en el segundo dibujo (D14_L): ¿visto desde arriba, ¿qué veríamos? (PF) señalado con redondeles en la tabla 8.47 la repetición de preguntas sin recibir feedback (en el tablero se observa la celda oscura) de los estudiantes, o con la

Rotu lador	Rotu lador			
	5x	6x	4x	8x
	2x		2x	2x
	2x	2x		3x
	2x	2x		2x
13	14	15	16	17

carpeta simulando el primer dibujo (D15): ¿si estoy viendo desde aquí arriba ¿qué ejes estoy viendo?, y aquí si recibe la respuesta esperada (PR). Luego dirige la pregunta crítica para formalizar matemáticamente el valor del flujo y del ángulo en cada secuencia del plano inclinado; con el tercer dibujo en D16_L: aquí, ¿cómo es el flujo a través de la superficie?, (PR) ¿cuánto vale el ángulo entre el vector superficie y el campo eléctrico? y en la cuarta figura en D17_L: ¿cuánto vale el flujo eléctrico a través de la superficie en este caso? ¿Por qué razón es cero?, ¿cómo es el ángulo? (PR), repitiendo la dinámica del segmento anterior (D09), pero recibiendo la respuesta esperada, que se señala con redondeles en el tablero (ver tabla 8.47).

El modo gestual la acompaña en todo momento, el gestual narrativo (GN) para realizar la representación con el rotulador, o el gesto apuntador (GA) en redundancia, señalando la dirección de los ejes de referencia, para señalar los vectores campo, área con la finalidad de dirigir el razonamiento de los estudiantes.

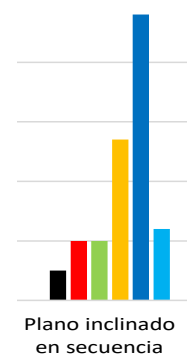
En el modo de escritura, destaca la escritura gráfico matemática (ES), la simbólica sobre los dibujos (ojo, la flecha curva que indica el giro, los ejes x, y, z), las expresiones matemáticas que definen flujo y ángulo para cada dibujo de secuencia realizado.

En el dibujo en secuencia y representación con la carpeta. Laura realiza cuatro dibujos, realizando la conexión entre ellas, sustentadas en la formalidad de señalar como referencia los ejes de coordenadas y dibujarlos para sustentar el cambio de la vista espacial a la del plano, con la rotación de los ejes.

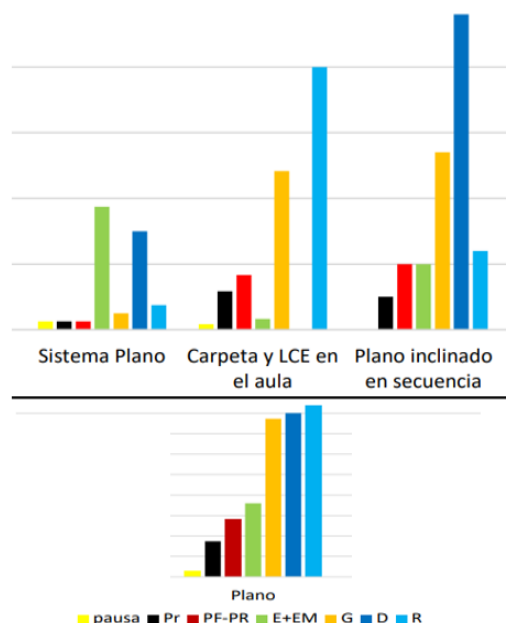
Episodios 1min		13	14	15	16	17
Representación	ROIG					
	ROD					
	ROIG carpeta			ejes xyz		
Dibujo	D-2					
	DS4					
	DS3					
	DS2					
	DS1					
Enlace	R→D			4x		
	D→D					
	R→EM					
	D→EM					
	D→E					
	EM					
Escritura	EN					
	ES.L	ojo	Eje x	Eje z	giro	

En la representación con objetos, Laura utiliza el rotulador en los dos episodios, para representar la dirección de la visión y darle significado al símbolo de “ojo” dibujado, y luego para señalar los ejes x, y, z. En el episodio D15_L Laura retoma el escenario de la carpeta para representar el plano y señalar con los brazos la dirección de los ejes coordenados con la carpeta simulando la vista del segundo dibujo que se propone realizar o justificar.

- **Interacción de los modos comunicativos en el escenario 3_L: La formalización gráfica de la vista espacial a la vista del plano del mismo sistema [D13_L, D17_L]:** Es una secuencia que busca establecer las relaciones matemáticas del segmento anterior y verificar la comprensión de la expresión matemática del flujo. Destaca el modo de los dibujos conectados en secuencia (DS), y la representación usando el rotulador sobre el dibujo (ROD), o usando la carpeta (ROIG). Se destaca en este episodio la cantidad de enlaces que realiza entre dibujo a representación (R→D), dibujo a dibujo (D→D), dibujo a escritura (D→EM) (D→E). En general se caracteriza este segmento en el esquema de barras, por la aparición de todos los modos, resaltando el dibujo, la gestualidad, algo de representación y la interacción con las preguntas.

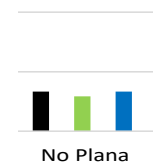


Interacción General de los modos comunicativos en el Plano. [D03_L, D17_L]. En la tabla 8 47, segunda y tercera fila, se observa el esquema de barras que describe los modos usados por Laura en según los escenarios, para flujo, y que fue descrita en los párrafos anteriores. Al analizar todo el segmento [D03_L, D17_L] en la figura de barras, se observa que hay una alta interacción de todos los modos resaltando la representación, el dibujo, la gestualidad que acompaña a la explicación, y la interacción buscada por la profesora, para mantener la atención de los estudiantes y confirmar su comprensión. La mayor intensidad de interacción de modos ha sido dada con la dinámica de la carpeta y el plano inclinado.



➤ **Superficie no plana, escenario 4_L.**

Parte 5: escenario 4_L. Este último bloque de seis episodios tiene la finalidad de presentar el flujo como la integral del producto escalar y analizar su comportamiento positivo, negativo y cero. Está soportado en la pregunta retórica, el dibujo y la expresión matemática.



Interacción de los modos comunicativos en la generalización matemática del flujo a través de superficie no plana. Se basa en el dibujo, la escritura matemática acompañada de la pregunta retórica que da orden a la explicación.

Tabla 8.47. Modos Comunicativos de Laura. Flujo eléctrico

Modo comunicativo	LAURA: Desarrollo del concepto flujo eléctrico. [D01_L a D23_L]																						
	Introducción		Dibujo Plano - LCE				Carpeta y LCE que atraviesan el aula					Plano Inclinado - Secuencia					Superficie no plana						
	01	02	Plano LCE	VA	$\phi=EA$	θ	ϕ_{max}	$\phi=0$	A y θ	EdA.cos θ	Transformación - Vista Planta	ϕ_{max}	$\phi=0$	flujo como integral									
Episodios 1min	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	23		
Representación	ROIG																						
	ROD rotulador																						
	ROIG carpeta																						
Dibujo	D-2																						
	DS4																						
	DS3																						
	DS2																						
	DS1																						
Enlace	R→D																						
	D→D																						
	R→EM																						
	D→EM																						
	D→E																						
Escritura	EN																						
	ESL																						
	E																						
	ETaulo																						
Gestual	GN y postura																						
	GA																						
	GFono																						
P	pausa																						
Verbal	PR																						
	PG																						
	PF																						
	Pr																						
Habla																							
Episodios	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	23		

Interacción cualitativa de los modos para cada apartado																							

ROD: Rep. con objetos sobre el dibujo	EM: Lenguaje matemático	GNo: gesto de la onomatopeya
ROG: Rep. con objetos, gestos y desplazamiento	EN: escribe nombre	GF: gesto marcado al hablar
DS: Dibujos en secuencia. DS1, DS2	ES: símbolo en pizarra	PF: Pregunta <i>feedback</i> , atenta a la reacción de la audiencia
D→EM, R→EM enlaza el dibujo/representación con EM	GA: gesto apuntador	PR: Pregunta que espera y recibe, respuesta clara de la audiencia
	GC: gesto conceptual	Pr: Pregunta retórica
	GN: gesto narrativo	

Fuente: Elaboración propia

8.4.10.3 *Interacción de modos comunicativos de Laura en la historia “Flujo eléctrico”*

Se realizó la tabulación de los modos comunicativos para la clase de Laura en la explicación del concepto de flujo. En la tabla 8.48 se presentan resumidas algunas características observadas en el uso de los modos comunicativos de Laura, al igual que en la combinación de ellos. Se pueden describir desde diferentes puntos de vista:

➤ Según las categorías que agrupan los modos, tenemos:

1. **La pregunta crítica** Utiliza la pregunta retórica para guiar el orden de la explicación o para recibir el *feedback*, destaca el uso de la pregunta crítica que busca interacción, que se convierte en (PR) si logra la respuesta, o se transforma en *feedback* (PF) si no obtiene respuesta, y se construye otra pregunta más sencilla que sirve de guía (PG) para promover la interacción y construir significados en conjunto a la audiencia.
2. **La gestualidad.** No es de gran desplazamiento. Sin embargo, presenta rasgos característicos a su estilo. Se observa un gesto marcado (GF) en sus labios al modular para dictar conceptos o resaltar aspectos en la explicación, utiliza el beat como batuta (GB), la mirada tipo faro que recorre a todo el estudiantado. Tiene una expresión corporal, que da fuerza a su narrativa para la representación, encorva/yergue la espalda, o con los brazos (GN) y utiliza por supuesto el gesto apuntador para señalar y hacer conexiones (GA).
3. **La escritura.** Algo que caracteriza a Laura, todo queda escrito en la pizarra y es muy disciplinada. Presenta el título del tema, su definición/características y luego su representación con un dibujo. Es muy formal en el uso correcto de la escritura matemática y el dibujo de vectores, presentando la simbología gráfica matemática. Para Laura la pizarra representa el modelo de cómo deben expresarse los estudiantes, de cómo deben ser las notas en su cuaderno y la forma en que deben expresarse para una tarea o evaluación.
4. **Los enlaces.** Se observa que Laura realiza los enlaces entre los elementos a través del gesto (dibujo ↔ representación ↔ Expresión matemática), o la pregunta crítica.
5. **El dibujo** es utilizado como soporte en todos los escenarios para la construcción de significados. En el uso del dibujo se observaron los siguientes tipos: a) el **dibujo sencillo** (superficie no plana) para destacar comportamiento entre entidades (D), b) **el desarrollo de la explicación a través del desarrollo del dibujo** (DD), agregando elementos a medida que avanza la explicación (las LCE en el capítulo siete), c) mucho más elaborado que los anteriores se observó el uso del **dibujo en secuencia** (DS) que fue el protagonista para la

explicación de la transformación del dibujo a la vista de planta (*construyendo la visión espacial del estudiante*), y con la rotación de la inclinación del plano para destacar y formalizar el comportamiento gráfico de los elementos de estudio y los valores matemáticos (flujo, ángulo) asumidos en cada posición del plano.

6. **La representación.** Laura muestra una gran interacción con los estudiantes a través de la representación, utilizando la representación con objeto imaginario, recreando un aula con líneas de campo que la atraviesan (ROIG) y colocando en movimiento una carpeta como su plano; acompañado de la pregunta crítica para hacer pensar y provocar la participación con preguntas más de abstracción, de las que recibe el *feedback* de dificultad de comprensión y continúa trabajando hasta que recibe la respuesta del estudiantado.

➤ **La combinación de modos.** Laura, combina de formas diferentes los recursos multimodales en su explicación. Se distinguen tres momentos:

- *La apertura del tema y la preparación cognitiva y emocional* del estudiante. Con el inicio de clases con las líneas de campo en el capítulo siete, y luego con el flujo en este capítulo iniciando la hora de clase se destaca un comportamiento clásico académico, de ubicar el concepto con la definición verbal, enlazando el tema con otras premisas a desarrollar para integrar académicamente a los estudiantes, en una misma visión de hacia dónde se dirigen en la materia y con su explicación.
- *En la construcción del concepto, indagando en la complejidad del análisis para la comprensión de la interacción entre entidades para formar el concepto de flujo* como producto escalar. Destaca la realización de preguntas para crear controversias, que son dirigidas al análisis visual y que son repetidas en distintas combinaciones hasta lograr que respondan correctamente, es exhaustiva para asegurar que todos comprendan, revistiendo de una gran importancia el análisis visual del comportamiento de las variables. Se observa la intensidad en la interacción primero con la representación y luego con el dibujo en secuencia acompañado de la representación.
- *En la construcción del procedimiento que sirve de andamiaje para la visualización y transformación de un sistema a su vista de planta.* Se destaca en Laura, la dinámica para hacer la justificación del dibujo en secuencia, recordando que los otros profesores convencieron rápidamente sin entrar en detalles para justificar; Laura sin embargo realiza preguntas para la formalización del pensamiento abstracto que formalice las transformaciones de vista en la imagen tridimensional,

Tabla 8.48. Laura y la interacción de los modos comunicativos

Pregunta e Interacción	Gestualidad y	Escritura	Dibujo	Representación
Pr Utiliza la pregunta retórica (Pr) para guiar el orden de la explicación o de feedback ¿me entienden? ¿okey?	Tiene una expresión corporal, que da fuerza a su narrativa para la representación, encorva/yerque la espalda, o con los brazos (GN) y predomina el gesto apuntador sobre la pizarra, para señalar y hacer conexiones (GA).	Utiliza la escritura del título (ET) para iniciar cada parte. La nomenclatura (EN) y la simbólica (ES). Es muy formal en el uso correcto de la escritura matemática y el dibujo de vectores, presentando la simbología gráfica matemática	El dibujo es utilizado como soporte en todos los escenarios para la construcción de significados D el sencillo para mostrar comportamiento entre entidades DD desarrollado agregando elementos a medida que avanza la explicación (LCE en el capítulo siete),	Muestra una gran interacción con los estudiantes a través de la representación, con objeto imaginario, recreando un aula con líneas de campo que la atraviesan (ROIG) y una carpeta como su plano; que acompaña con la pregunta interactiva (PF-PG-PR)
PR PF PG Usa la pregunta interactiva, que se convierte en PR si logra respuesta, PF si no la obtiene, para lo que construye preguntas PG guía para construir significados en conjunto a la audiencia hasta llegar a la respuesta deseada	No es de gran desplazamiento. Sin embargo, presenta rasgos de su estilo. Se observa un gesto marcado (GF) en sus labios al modular para dictar conceptos o resaltar aspectos en la explicación y lo acompaña del gesto tipo batuta (GB), la mirada tipo faro, girando el cuello de un alado a otro, que supervisa al estudiantado.	Algo que caracteriza a Laura, todo queda escrito en la pizarra y es muy disciplinada. Presenta el título del tema, su definición /características y luego su representación con un dibujo EM - ES formal al expresarse matemáticamente	DS mucho más elaborado que los anteriores. fue el protagonista para la transformación del dibujo a la vista de planta (construyendo la visión espacial), y formalizar el comportamiento gráfico de los elementos de estudio y los valores matemáticos (flujo, ángulo) asumidos en cada posición del plano.	Enlaces. realiza los enlaces entre los elementos (dibujo ↔ representación ↔ Expresión matemática) a través del gesto, o la pregunta crítica. La pregunta con respuesta (PR) y la representación con el rotulador para dirigir la visión espacial del escenario: indicando la vista, o la dirección del vector área, o el sentido de los ejes de referencia.
Pr -D-EM Utiliza la pregunta crítica (PR PG) enlazando dibujo y expresión matemática PR-G-D Utiliza la pregunta con respuesta de los estudiantes (PR), combinada con la gestualidad y el dibujo	Pr-GA-D1-D2 Utiliza la pregunta crítica enlazando dos dibujos y gestualidad. La pregunta que espera respuesta (PR) para hacerlos pensar y conectar formalmente los dibujos con los ejes de referencia y dirigir la visión espacial del escenario	la pizarra representa el modelo de cómo deben expresarse los estudiantes, de cómo deben ser las notas en su cuaderno y la forma en que deben expresarse para una tarea o evaluación Respeto y usa escritura vectorial (EV) (identificando cada vector dibujado y coloca la flechita arriba a la variable vectorial)	Dibujo – EM Los elementos sobre el dibujo, tienen nombre y se distinguen si son vectores. Acompaña el dibujo de EM particulares en la parte inferior D16, D17	La pregunta con respuesta (PR) y la representación con la carpeta para hacer pensar y provocar la participación con preguntas de abstracción, de las que censa dificultad de comprensión y continúa trabajando hasta lograr la respuesta del estudiantado

Fuente: Elaboración propia

que le servirán para el tema de Faraday donde se trabaja con el producto vectorial y el comportamiento gráfico de las entidades es tridimensional. Laura utiliza una simbología muy formal, utilizada en la ingeniería (el ojo que enlaza la vista del siguiente dibujo, la flecha curva que indica el sentido de giro, los ejes de referencia que son importantísimos en la ubicación de un sistema, el cuadrito al pie del vector que simboliza perpendicularidad, etc.). Combina su discurso con la expresión escrita, gráfica y matemática para hacer los enlaces.

- *Laura transmite en su hacer, una disciplina y formalidad para que el estudiante lo tome de referencia de cómo debe comunicarse como ingeniero, todo lo deja escrito y relacionado en la pizarra.* Para Laura es importante la disciplina, presentar, definir, dibujar, relacionar y analizar el comportamiento, para luego desarrollar matemáticamente.

8.5 A modo de cierre de resultados.

Un mismo guion, tres historias diferentes comparando los tres profesores, a quienes se les aplicaron las categorías de multimodalidad. Se presenta esta categoría para analizar desde la construcción de la historia, la intersección de la explicación, y la multimodalidad para la creación de significados y el uso de recursos multimodales en la búsqueda de mantener la adhesión de la audiencia. Se destaca que a pesar de que todos cumplen con los objetivos del plan de estudios, cada profesor caracteriza un estilo de enseñanza diferente en la que el profesor organiza y selecciona: contenido, tiempo empleado y recursos en cada fase; y su combinación. Se le llama a esto el ritmo de la clase. Estos profesores, utilizan a) el mismo tiempo para la introducción del concepto de flujo y la descripción inicial del sistema, b) el mismo tiempo para el desarrollo matemático de flujo, y; dos de ellos gastaron el mismo tiempo para la recreación de imágenes mentales en tres dimensiones para el concepto de flujo, Montse con el objetivo más retórico que curricular de integrar a la audiencia, Laura con un objetivo más de enseñar habilidad profesional más que el programa en sí. Pere, no necesitó la representación espacial en flujo, quizás por la calidad y detalle de sus dibujos, sin embargo, utilizó la recreación de imágenes mentales para la resolución de problemas, con la esfera y el cubo. Los tres profesores logran la interacción con esta estrategia.

El proceso de enseñanza de la física incluye un esfuerzo en la acción multimodal en el aula, para crear sistemas físicos imaginarios, logrando una presencia de alto nivel. De esta manera, muchos recursos multimodales están interactuando entre sí y los estudiantes están inmersos en ellos formando parte del sistema imaginario. Esta dinámica fortalece la comunión para facilitar así el aprendizaje. El profesor hace uso de todos los recursos disponibles en el aula para ayudar a los estudiantes a crear imágenes tridimensionales de los sistemas que, no existen físicamente y que contribuirán en el desarrollo de una visión especial del ingeniero; donde las diferentes formas de representación son más importantes que las palabras.

Funciones de la acción multimodal en la explicación Se identificaron diferentes modos de representación de las premisas y funciones variadas, algunos son: a) la construcción del concepto: vector área, b) reforzar un concepto ya dado: línea de campo eléctrico, c) diferenciar vector área con el campo eléctrico en diferentes puntos, d) relacionar la ecuación de flujo eléctrico con una superficie adecuada para resolver la integral, d) diferenciar casos de flujo eléctrico con diferentes configuraciones de campo eléctrico. Se destaca una característica común observada en las explicaciones, el refuerzo de la representación espacial y el uso de varios recursos multimodales a la vez.

En este capítulo se han mostrado las tres unidades didácticas, a las cuales se les aplicó el conjunto de las tres dimensiones; lográndose obtener elementos característicos en cada una de las historias desde las tres visiones didáctico, argumentativo y multimodal, un 3x3, tres miradas y tres historias. En el próximo capítulo se realizan las comparaciones de las características encontradas en las historias de los tres profesores, realizando las comparaciones de estas tres historias.

9. Resultados finales de la investigación



En este capítulo se presentan los resultados de la investigación. Se organizan desde las dimensiones. En la perspectiva didáctica se presentan la comparación de los profesores con los resultados de los capítulos siete y ocho anteriores. Igualmente sucede en la perspectiva retórica argumentativa con los capítulos seis y ocho, aunque se complementa la perspectiva retórica con observaciones recogidas a lo largo de los análisis, presentando características de cómo se ven los profesores. En la perspectiva de los modos comunicativos, se describen las categorías que son nuevas y resultantes del estudio para esta investigación. Se complementan los modos comunicativos encontrados en el dibujo, la representación y la organización en la pizarra. Luego se presentan resultados de la dimensión gráfica, desde la representación multimodal de la historia construida en el aula y el concepto de la clase como una sucesión dinámica de historias explicativas, caracterizando a la actuación del profesor, a lo largo del tiempo y/o del contenido específico.

9.1 Aspectos didácticos

A continuación, se exponen los aspectos que caracterizaron las clases de física elaboradas por tres profesores de física, en función del análisis aplicando **las cuatro categorías de las formas de intervención didáctica del profesor**. Estas categorías son: a) la retórica de la enseñanza, b) destaca, ordena y refuerza significados, c) elabora aptitudes y d) promueve habilidades propias de la profesión. Estos resultados pueden ser observados en detalle en las tablas 9.1a), 9.1b, 9.1c y 9.1d) ordenados según las categorías mencionadas, y que se presentan más adelante en este mismo apartado.

9.1.1 Resultados en relación a “La retórica de la enseñanza”.

9.1.1.1 ¿Hacia dónde vamos?

➤ **Vamos juntos.**

Los profesores dejan ver o exteriorizan acciones que demuestran su interés en que los estudiantes avancen junto a cada uno de ellos a medida que van construyendo sus explicaciones. Aunque con características un poco diferentes por personalidad. **Pere** es más pausado, les simplifica en lo posible el contenido de la clase, resaltando en la pizarra de forma detallada y gráfica lo importante, cuando copia o dibuja, se detiene a esperar a que los estudiantes copien. **Montse** un poco más rápida al hablar, pero a la vez la más cercana al estudiante con una gestualidad narrativa muy característica. **Laura** la de hablar más detallado, con mayor densidad de información y con una supervisión constante sobre el estudiantado, recibiendo *feedback* si los alumnos la siguen, y puedan responder preguntas de análisis durante la explicación. Al iniciar un tema, *Laura* realiza la *apertura* recordando las actividades realizadas en la clase anterior, que fue determinar el campo eléctrico para cargas puntuales y distribución continua de cargas

Recursos utilizados por los profes para mantener la atención de la audiencia durante el desarrollo de su explicación: El profesor **Pere** utiliza la pausa como recurso para esperar a los estudiantes asegurando que estén avanzando juntamente con él, y a medida que se va desarrollando la historia; o al iniciar nuevo tema, para esperarlos mientras copian lo anterior o para recibir el *feedback* de los estudiantes. **Montse** se caracteriza y resalta con su estrategia en la apertura del tema con un discurso descriptivo narrativo partiendo de lo cotidiano, con un buen sentido del humor, para la preparación cognitiva y emocional del estudiante hacia el contenido científico que vendrá, recordando el inicio de clases con la carga eléctrica, entidad presentada en este estudio en el capítulo seis, y luego para introducir flujo eléctrico cuando realiza la narrativa del río para retomar la atención del estudiantado que está cansado, y logra así la espontaneidad de la expresión de los estudiantes de forma unísona, bien en forma de protesta, o cuando escuchan atentos la narrativa imaginaria y se ríen.

En la apertura de la clase, **Laura** seduce con la autoridad. La profesora Laura, ya ha cerrado el tema de Carga eléctrica, Fuerza y Campo eléctrico con ejercicios con carga discreta y continua e inicia su próxima clase, entra se desplaza al frente, delante del escritorio y luego se sienta sobre él. Con tono alto, recorriendo con la vista a los estudiantes da inicio a su explicación invitando a la audiencia “vamos a ver hoy...”, Para los tres profesores se observa un ambiente de camaradería y respeto de ambos lados.

- **Utilidad e importancia.** Se observa poco en la introducción del tema, se muestra más la importancia de la explicación para la resolución de ejemplos o problemas. **Montse y Pere**, la utilizan en el ejemplo de Gauss, cuando resaltan la importancia de la superficie gaussiana para facilitar la determinación del valor del flujo, o **Pere** con la ley de Gauss y su utilidad para resolver el problema del flujo en el ejemplo de carga puntual. **Montse** añade no sólo la forma sino la colocación de la superficie gaussiana sobre el plano de carga. **Laura** en las propiedades de las líneas de campo “las líneas de campo eléctrico nos permiten a nosotros describir en el espacio, cómo varía el campo”.
- **Anticipaciones.** Las anticipaciones *organizan y dan el orden de la explicación* Se observaron varios tipos:
 - **Presentan títulos, subtítulo y esquematizaciones.** Se observan anticipaciones de contenido en las explicaciones de los tres profesores, al iniciar colocan el título de cada parte del tema. **Laura** se caracteriza porque usa la pizarra como el cuaderno del estudiante, todo lo escribe, y presenta primero los títulos y subtítulos de la explicación. **Pere** en el capítulo 6, hace uso de un esquema tipo índice de contenido de la clase del día. **Montse** utiliza los títulos y subtítulos en la pizarra; por ejemplo, en el capítulo 6 escribe en la pizarra título de las características de la carga eléctrica y luego las escribe de forma enumerada, en el capítulo 8 coloca los títulos (flujo eléctrico, superficie gaussiana, flujo debido a una carga puntual, ley de Gauss).
 - **Anticipa la estrategia que seguirá la clase, ¿qué haremos a continuación?** **Laura** presenta la estrategia a seguir “vamos a ir relacionando, las propiedades de las líneas de campo eléctrico con las características del vector campo eléctrico”. **Montse** “vamos a poner este plano así este plano que esta así pegado lo voy a poner así”, primero representa como se verá el plano de perfil, usando el folio sobre el dibujo, y luego lo dibuja.
 - **Recuerdos de aspectos de clases anteriores** **Laura** al iniciar la clase recuerda la clase pasada y la conecta con la que va a dar. **Montse** no sólo recuerda, sino que

repite la clase pasada. **Pere** utiliza un esquema escrito en la pizarra (ver capítulo 6), donde presenta el contenido dado en la clase anterior y lo que dará en la clase de ese día; de esta forma recuerda lo dado con un repaso rápido y hace la conexión a lo que viene. En la resolución del flujo, se refiere “ya la expresión todos la conocemos, en este punto a una distancia r ...”

A continuación, se presenta la tabla 9.1a) que muestra los resultados en relación a la *retórica de la enseñanza en el aula*, primera categoría de las formas didácticas de intervención de los tres profesores y la comparación de los mismos.

Tabla 9.1a. Comparando las formas didácticas de intervención en los tres profesores. Categoría 1.

Aspectos didácticos – 1. Retórica del aula				
Profesores		Pere	Montse	Laura
¿Hacia dónde vamos?		En los tres casos se observa un ambiente de camaradería y respeto de ambos lados		
	Vamos Juntos -engagement	Pere es más pausado al hablar y organizar la clase. Utiliza la pausa como recurso para esperar a los estudiantes.	Montse un poco más rápida al hablar, pero a la vez la más cercana al estudiante. Montse se caracteriza y resalta con su estrategia en la apertura del tema prolongada y desde la narrativa descriptiva, desde lo cotidiano.	Laura la de hablar más detallado, con mayor densidad de información y con una supervisión constante sobre el estudiantado, recibiendo feedback si los alumnos la siguen, y puedan responder preguntas de análisis durante la explicación. Su presencia inspira respeto, autoridad por experiencia.
		Se observan anticipaciones de contenido en los tres profesores, al iniciar colocan el título, o conectan el tema con la clase anterior y con tema de clases posteriores.		
	Anticipaciones	Pere tiene una estrategia muy marcada, para anticipar y generar expectativa, él realiza el enlace a cada tema que va a construir a través de la pregunta crítica.	Anticipa las representaciones. Simula con objeto imaginario lo que va a realizar luego con objetos reales. Montse en la clase siguiente, repite lo último que dio en la clase anterior	Al inicio contextualiza el tema dentro del programa, relacionando el concepto con temas que no aún no se han desarrollado pero que verán más adelante. Usa la pizarra como “el cuaderno del estudiante”, todo lo deja escrito o dibujado.
¿Que esperamos?	Crea controversia y/o diferencias	Pere invita a los estudiantes siempre a imaginar en conjunto, imagínense que tenemos. Pere provoca controversia, ¿qué tal si ...? agarro e inclino al plano, si esa superficie ahora no es plana, si esa superficie ahora es un cubo. Laura	Montse la caracteriza el crear la controversia con la pregunta para luego hacerlos imaginar ¿Qué sucede si ...? ¿cómo hacemos esto? ¿...y si lo coloco un poquito así”	Laura igual llama a imaginar, pero no explícitamente “vamos a suponer que tenemos ...”, pero si crea controversia, “fíjense bien, vamos a pensar un momentico, a ver ¿qué ocurre con ...”.

Fuente: Elaboración propia

- **A través de la pregunta crítica.** **Pere** tiene una estrategia muy marcada, para anticipar y generar expectativa, él realiza el enlace a cada tema que va a construir a través de la pregunta crítica, ¿qué pasa sí ...? **Laura** “Hace uso de la pregunta retórica para anticipar o llamar la atención a lo que viene: **¿cómo relacionamos** a las líneas de fuerza con el módulo del campo?”. **Montse** anticipa con la pregunta: y llamar la atención a lo que viene: ¿Cuál superficie es idónea?, ¿cuánto vale el flujo?
- **Anticipación de contenidos que aún no han visto, al contenido que verán en otra unidad.** (conectan el tema con tema de clases posteriores como el campo magnético, la teoría electromagnética, la física cuántica) **Montse** cuando presenta la ley de Gauss, anticipa las leyes de Maxwell. **Pere**, igualmente introduce a campo magnético, y la ley de Faraday. **Laura** hace un uso más constante de esta estrategia, que la caracteriza, se distingue por realizar las conexiones del tema con otras premisas (líneas de campo magnético y campo magnético) que verán más adelante. Los tres profesores, anticipan lo que viene, cuidando la atención del estudiante y con la intención de atraparlo en el desarrollo de la historia.
- **Se observa también una anticipación actuada imaginaria, de lo que van a realizar**, usando la *gestualidad* y la *representación con objetos*. **Montse** primero simula el experimento, lo describe anticipando lo que se espera que suceda, preparando así a la audiencia, y luego realiza la demostración, en E32_M: “lo que tengo que tomar es esta parte que está encerrada... (sigue con el índice el círculo en el folio). por la superficie”. **Laura** representa un escenario imaginario el sistema del plano girando, para preparar a la audiencia del dibujo en secuencia que va a realizar en la pizarra. Que más bien se catalogaría como **repetición multimodal**, pero tiene la función de preparar a la audiencia a hacer visible el proceso o las entidades en lo que vendrá.

9.1.1.2 ¿Que esperamos?

- **Controversias y diferencias.** Se mezclan las formas de generar controversias y las intenciones de crear diferencias., qué sucede si... ¿Qué sucede si, imagínense que, y si ahora sucede que no es de esta forma? y nada para explicar, qué piensas ahora.

- *¿Qué sucede si, imagínense que, y si ahora sucede que no es de esta forma? Crea controversias.* **Pere** invita a los estudiantes siempre a imaginar en conjunto, “imagínense que tenemos”, “imagínate esto: yo soy la carga” en E05_P, “imagínense un cubo” en E08_P, “¿qué tal si ...? agarro e inclino al plano”, “si esa superficie ahora no es plana”. **Laura** igual llama a imaginar, pero no explícitamente “vamos a suponer que tenemos ...”; pero si crea controversia, “fíjense bien, vamos a pensar un momentico, a ver ¿qué ocurre con ...”. Cuando describe que va mover su unidad de área por todo el espacio del campo, con las LCE perpendicular a la unidad de área y utiliza la gestualidad. **Montse** utiliza como estrategia la pregunta “¿Cómo medimos la cantidad de agua que pasa?”, “¿cómo hacemos esto?”. En la resolución de problemas con el plano infinito, crea controversia a través de la representación con objetos “¿...y si lo coloco un poquito así (inclina el papel)”, “¿Si colocamos el cilindro así?”, “no nos sirve así ... ¿y así? (coloca el cilindro perpendicular a la pizarra) (estudiantes en murmullos: ¡“no”! ...) “¡noooo!, ¡tampoco!, ¡es lo mismo!””, “¿y si yo hubiera puesto un paralelepípedo rectangular?”.
- **Nada para explicar.** **Laura** B16_L, B18_L, ¿Nada para explicar? algo que parece obvia se convierta en algo que necesita explicación “Las LCE son líneas abiertas parece obvio, como si no existiesen líneas cerradas”. Laura aquí da soporte al significado, por contraposición. Al igual con “una LCE por punto, ¿por qué no dos o tres por punto?”. **Pere** lo utiliza en el desarrollo del ejemplo de carga al colocar el módulo del campo fuera de la integral, E09_P “el otro hecho que pareciera insignificante es este (señala), lo he sacado de la integral porque es un campo eléctrico que aquí, acá, acá, acá (señala sobre la esfera de la pizarra) a una distancia r , tiene el mismo valor”

9.1.2 Destaca ordena y refuerza significados.

9.1.2.1 ¿Cómo organiza la clase?

Se destaca que los tres profesores llevan los libros de texto a sus clases.

➤ Selecciona ideas

- **Pere** expresa la idea primero, o la anticipa con una pregunta para hacer pensar, y luego realiza un dibujo o agrega detalles al dibujo, presentando la idea junto con el dibujo; tal

aspecto se observa en el ejemplo de la carga, E01_P cuando presenta a la carga positiva q , punto P, distancia r y en E03_P selecciona la SG como la esfera, la dibuja y lo coloca de forma escrita y durante las simplificaciones del desarrollo matemático, las señala y justifica verbalmente. Igual sucede con el concepto de flujo presenta las ideas y luego las va dibujando.

- **Montse** en el capítulo 6, se basa en la demostración para describir las propiedades de la carga, destacando elementos carga positiva, negativa, conductores, aislantes, conservación de la carga; en el capítulo 7, la resolución de problemas con el plano del capítulo 7, no introduce nuevos conceptos, sino que refuerza las premisas dadas y el procedimiento de análisis y desarrollo matemático para aplicar la ley de Gauss. Y en el capítulo 8 introduce flujo a través de una analogía, que le sirve de puente para realizar luego el sistema del plano y las líneas de campo.
- **Laura** aparte de la definición de las líneas de campo, solapa ideas e introduce nuevos términos como: circulación de línea de fuerza, unidad de área transversal, densidad de líneas de campo, sumidero, fuente. Deja las ideas principales sobre la pizarra, de forma escrita o en el desarrollo del dibujo, por ejemplo, en los tres episodios (B03_L a B06_L).

➤ **Resalta ideas claves**

- **Pere** resalta las ideas claves siempre con el dibujo, pero también agrega frases. “vamos a dibujar las líneas de campo, acuérdate que son variables” y luego realiza la mímica, se queda con los brazos abiertos en cruz y resalta “esta es una superficie gaussiana ¿okey?”. Al resolver el producto escalar y no colocar el coseno, para luego destacarlo “hay una gran diferencia al escribirlo así”, o al sacar el campo fuera de la integral y expresar “esto es por el hecho de que he escogido una superficie gaussiana”. **Pere** con su hacer establece la importancia de: a) el uso de buenos dibujos donde se representan los elementos bases para fundamentar el desarrollo teórico de la historia explicativa, en este caso la definición cualitativa y matemática de flujo eléctrico, la expresión de la ley de Gauss y las variables que intervienen, las líneas de campo, el vector área, el ángulo entre ellos y la superficie donde se evalúa el flujo b) relacionar estas variables de forma gráfica y con la expresión matemática.
- **Montse** presenta los conceptos, y luego dirige la clase con preguntas a los estudiantes, busca términos, para después contrastarlos o ponerlos en oposición, para resaltar ideas claves. En la demostración de electrificación por frotamiento, capítulo 6, resalta las

propiedades de la carga, destacando elementos de la demostración, “¿cómo se carga? yo cuando froto lo que estoy es suministrando (manos hacia la barrita) energía suficiente a los electrones de la última capa para que salgan.”,

- **Laura** resalta ideas claves a través del énfasis vocal, la repetición o cuando define o quiere resaltar que una idea es importante utiliza la voz de “dictado” en voz alta, marcando las sílabas y con el gesto de compas o beat. Su discurso verbal está apoyado en su entonación, la modulación marcada en su rostro al hablar y la escritura en la pizarra; tiene como característica que anticipa el escenario y recrea la entidad: líneas de campo, de forma verbal y gestual, antes de representarlo en un dibujo. **Laura** es muy formal para presentar la clase, solapa ideas e introduce ideas claves, se caracteriza iniciando con el *dictado* de las definiciones basándose en el argumento de la propia autoridad, los escribe en la pizarra y luego trabaja con ellos de manera de materializar su significado con el dibujo o la representación, **y resalta la repetición** en su discurso.

9.1.2.2 ¿Cómo verifica la comprensión de la audiencia?

➤ *Sondea significados*

- **Pere** al sondear la construcción de significados, utiliza muchas preguntas cortas tipo retóricas: ¿cierto?, ¿cierto o falso?, ¿okey? para mantener el desarrollo de la explicación. Utiliza preguntas tipo feedback: ¿lo recuerdan?, ¿lo pueden imaginar? usadas después de las representaciones o al cierre del ejemplo: ¿qué les parece? ¿me entienden? Utiliza preguntas de evaluación para verificar la comprensión del desarrollo matemático ¿es coseno de cuantos grados?, ¿y cuánto me da esa integral? ¿y cuánto vale esa superficie? Pere adicional a sus horas de clase, acordó con sus estudiantes un día a la semana para que, ellos por grupo, realicen ejercicios en la pizarra, previamente asignados por el profesor.
- **Montse** sondea significados a través de preguntas de evaluación respuesta (PR). En el capítulo 7, con el plano y la superficie gaussiana realiza preguntas tipo evaluación-respuesta, que le sirven para dinamizar el clima del aula y dirigir la explicación para la comprensión “Entonces ¿Cuál superficie gaussiana es idónea? (estudiantes: “un cilindro”)”. Lo explica de otra manera. Chequea el consenso de los estudiantes.

- **Laura** Realiza preguntas tipo feedback, que le sirven para monitorear tensiones en la comprensión de su explicación, o el clima del aula. Realiza preguntas guiadas, con el objeto de a) dinamizar al estudiante y verificar su atención (estimula la atención del estudiante) o b) para dirigirlo a un nivel de pregunta más compleja, Realiza Preguntas, esperando respuesta para continuar si hay confirmación, Lo explica de otra manera. Chequea el consenso de los estudiantes. **Laura** resalta con el manejo de la pregunta retórica [Pr]: para dirigir la clase, anticipando contenidos, para “sondear significados con los estudiantes” o para censar la tensión en el aula. Se destaca el uso de la pregunta como feedback [PF], que no esperan una respuesta explícita sino un cambio en los estudiantes, una intención de contestar, un rumor algo que les verifique que los estudiantes están con ella en la explicación. Igualmente, preguntas sencillas tipo guías [PG], para invitar al estudiante iniciar una dinámica de preguntas –respuestas [PR].

➤ **Retorna sobre las ideas**

- **Pere**, luego de hacer el análisis, establece una observación de lo realizado y con la pregunta retórica crea controversia durante el desarrollo de la historia para confirmar lo realizado y redirigir o guiar el hilo de la historia hacia un caso más complejo del concepto, manteniendo la atención del estudiante. En el ejemplo de la carga, sobre el concepto de campo eléctrico, cuando en la tercera parte indica, “se acuerdan que el campo eléctrico lo podemos calcular en cualquier punto independientemente de que halla o no una carga de prueba en el punto”.
- **Montse**, retorna sobre las ideas “porque en las líneas de campo eléctrico, la densidad de líneas de campo eléctrico es directamente proporcional a la magnitud del campo eléctrico...” Sondea significados en los estudiantes. *Para Montse es importante la participación del estudiante, realiza preguntas retóricas, o provoca la interacción de los estudiantes.* Con el plano: “porque nosotros sabemos por simetría que el campo eléctrico de este plano conductor ... que tiene una carga positiva...tiene que ser perpendicular al plano... ya lo calculamos a pie, por ley de Coulomb”, retoma el problema de la varilla de carga, “aquel problema que hicimos primero integrando usando la línea de carga...aquí lo sacamos directamente con la ley de gauss...”
- **Laura** utiliza mucho la repetición, En el capítulo 7, Recapitula sobre las actividades de la lección anterior. Recapitula modulo, dirección y sentido del campo en función de las

líneas de campo, destaca en la forma de pronunciar, repite las ideas o conceptos, **Laura**, siempre conecta con las premisas anteriores, recordando términos. Para sondear significados en los estudiantes, Laura utiliza el recorrido al aula con la mirada (tipo faro) mientras habla para supervisar la reacción de los estudiantes y recibir el feedback. Utiliza la pregunta retórica para recibir el feedback. Utiliza la pregunta crítica y su discurso es guiado por este para buscar la interacción, si no consigue respuesta hace el feedback, para transformarla en pregunta guía hasta lograr respuesta. En el capítulo 8 se observa la repetición del comportamiento del flujo girando el plano, cambiando los escenarios: con la carpeta, con el dibujo del plano, utilizando la definición cualitativa, la definición matemática.

➤ **Comparte ideas.**

- **Laura** comparte un pensamiento propio, que describe a su estilo de escritura tan detallada, y le sirve al estudiante como una recomendación: “a mí me gusta desglosar de esa manera (se refiere a enumerar las propiedades como 1, 2, 3, 4 y 5ta) porque es más fácil memorizar” B17_L.
- **Pere** en E013_P, introduce la importancia de estudiar la física en general más como un **compartir ideas**, “pero por otro lado...vamos a ver los cursos de Física uno y Física dos, como un reto para los estudiantes a ver si realmente aprendieron sus cursos de matemática, por ejemplo ¿saben integrar?, ¿saben resolver el producto punto entre dos vectores? ... ¿saben resolver el producto cruz entre dos vectores? son cosas sencillas ¿okey?... ¿me entienden? ...bueno, vamos a tomarnos un café... y ya venimos...que hora es?
- **Montse**, no se le observó ese compartir de ideas con los estudiantes. Sin embargo, Montse se distinguió por su conexión de los fenómenos de la física con el mundo cotidiano. Intenta siempre introducir las explicaciones con hechos cotidianos muy bien narrados.

En la siguiente tabla 9.1b) se presenta en forma de resumen los resultados y la comparación de los mismos en relación a cómo mantiene el guion de la historia en la segunda categoría: *refuerza*

y destaca significados *construidos o por construir*, de las formas didácticas de intervención de los tres profesores.

Tabla 9.1b. Comparando las formas didácticas de intervención en los tres profesores. Categoría 2.

Aspectos didácticos – 2. Refuerza significados			
Prof	Pere	Montse	Laura
¿Cómo organiza la clase?	Pere introduce ideas y resalta ideas claves con a) el uso de buenos dibujos donde se muestren los elementos , por ejemplo, el caso de líneas de campo, el vector área, el ángulo entre ellos y la superficie donde se evalúa el flujo b) relacionar estas variables de forma gráfica y con la expresión matemática, c) ser ordenado y formal en el desarrollo matemático y realiza preguntas que dan orden a las ideas.	Montse presenta los conceptos de forma muy descriptiva y visual. Es suficientemente ordenada, pero cuando hay entidades que interaccionan, le da más importancia al proceso de análisis del estudiante, busca la interacción y dirige la clase con preguntas, para resaltar ideas claves. Montse repite la clase en la siguiente clase, para que el estudiante vuelva a conectar con lo dado.	Laura es muy formal y ordenada para presentar la clase, solapa ideas e introduce ideas claves, se caracteriza por el dictado de las definiciones , los escribe en la pizarra y luego trabaja con ellos de manera de materializar su significado con un buen dibujo, la representación, o la combinación de ellos. Resalta ideas claves a través del énfasis vocal, la repetición a lo largo de su discurso.
¿Cómo verifica la comprensión?	Pere, luego de hacer el análisis, establece una observación de lo realizado y con la pregunta retórica crea controversia durante el desarrollo de la historia para confirmar lo realizado y redirigir o guiar el hilo de la historia hacia un caso más complejo del concepto, manteniendo la atención del estudiante.	. Montse, retorna sobre las ideas dadas antes, “porque en las líneas de campo eléctrico, la densidad de líneas de campo eléctrico es directamente proporcional a la magnitud del campo eléctrico...” Sondea significados en los estudiantes.	Laura, siempre conecta con las premisas anteriores, recordando términos. Laura utiliza el recorrido al aula con la mirada (tipo faro) mientras habla para supervisar la reacción de los estudiantes y recibir el feedback. Utiliza la pregunta retórica para recibir el feedback.
	Pere tiene asignado un día extra donde se reúne toda la clase, y cada grupo de estudiante realiza un conjunto de ejercicios asignados por el profesor.	Para Montse es importante la participación del estudiante, realiza preguntas retóricas, o provoca la interacción de los estudiantes.	Utiliza la pregunta crítica y su discurso es guiado por este para buscar la interacción, si no consigue respuesta hace el feedback, para transformarla en pregunta guía hasta lograr la respuesta.

Fuente: Elaboración propia

9.1.3 Elabora Entidades.

La elaboración de entidades es un proceso complejo para describir, se puede caracterizar según las categorías para identificar elementos. Sin embargo, sobre esta caracterización inicial hace falta describir el proceso que está ocurriendo en cuanto al manejo de conflicto que se presenta al introducir esta nueva entidad y su relación con las otras variables ya presentes. Por ejemplo **Pere** en la primera parte elabora la entidad Superficie gaussiana y *describe las partes*, E02_P, La *construye gradualmente desde su definición*, y queda implícita que es una superficie cerrada porque ya lo había asignado anteriormente a la integral de Gauss, desarrolla la *visualización* de otras variables conocidas sobre esta entidad (E05_P), introduce *conflicto cognitivo* en E08 a través de la *representación y las preguntas*, para que observen las diferencias en la selección de la superficie gaussiana y relaciona el análisis gráfico de la entidad con la carga encerrada y la solución matemática de la ley de Gauss.

9.1.3.1 ¿Qué entidades elaboran y cómo las definen?

- **Pere, Montse y Laura:** flujo eléctrico, vector de superficie, producto escalar, diferencial de área, integral, superficie abierta. **Montse** y **Pere** trabajan con el flujo como fluido. Para ley de Gauss, **Montse y Pere** elaboran: superficie cerrada, superficie Gausseana. En la elaboración de entidades
 - **Pere** en los capítulos 7 y 8, construye las entidades: vector área, líneas de campo y ángulo teta entre ellos, flujo eléctrico, ley de Gauss, carga neta y superficie gaussiana (SG) y su relación con el comportamiento entre líneas de campo, campo eléctrico y ángulo formado por el vector área.
 - **Laura** es muy detallada, descrita verbal, por escrito, en gráfico, su simbología. En el capítulo siete elabora las líneas de campo, y sus propiedades, en el capítulo 6 realiza ejemplos de carga puntual y líneas de campo, para elaborar la entidad visual de la carga puntual positiva aislada, negativa aislada, una configuración de dos cargas combinadas, todas ellas con sus líneas de campo. En el capítulo 8, elabora flujo eléctrico, vector de superficie, producto escalar, diferencial de área, integral, superficie abierta.

- **Montse** elabora la entidad del plano cargado – superficie gaussiana adecuada- el flujo a través de la gaussiana, carga neta. Las entidades (“posición correcta de la SG”, “flujo a través del cilindro”) se elaboran *lo nuevo a partir de lo antiguo*, con premisas conocidas como: líneas de campo, vector área y ángulo entre ellos. Y se construyen gradualmente.

➤ **¿Cómo las definen?**

- **Pere**, presenta las entidades líneas de campo y vector área como conocidas, aunque es la primera vez que las utiliza y construye características salen de la carga positiva y llegan a la carga negativa con el dipolo; define flujo eléctrico a partir de un flujo genérico y un campo genérico y luego con el dipolo llega a su definición completa. Utiliza el plano inclinado para presentar los conceptos básicos de flujo eléctrico y su relación con el comportamiento entre líneas de campo, campo y ángulo, e introduce el diferencial de área a través del dibujo. Construye sumidero y fuente lo establece por analogía entre la piscina y el dipolo.
- **Montse** construye flujo eléctrico a partir de flujo de fluidos, vector área por autoridad a través de la representación del vector diferencial de área, presenta el concepto de flujo como integral a través de la representación de pequeños elementos de área y el concepto de suma para obtener el flujo total.
- **Laura** es muy detallada escribiendo sobre la pizarra, define flujo, vector área y describe las partes, el flujo lo describe tomando en cuenta, tipo de magnitud (escalar), cualitativo, matemático, unidades en el sistema internacional. Construye y detalla los elementos de soporte visual: concepto de cara externa con la carpeta y la X, la vista de planta, con el lenguaje simbólico gráfico y la ubicación de los ejes de referencia. Relaciona flujo eléctrico con la ley de Gauss que lo verá seguidamente, pero también lo relaciona con conceptos de temas posteriores, como las ecuaciones de Maxwell.
- **Lo nuevo a partir de lo antiguo y describe las partes**, con la interacción con premisas conocidas, **Pere**, en E05_P la superficie gaussiana se construye haciendo relaciones con otras conocidas: las líneas de campo LCE, diferencial área, vector área, campo eléctrico, ángulo entre ellos. **Montse** y **Laura** se elaboran flujo con premisas conocidas como: líneas de campo, vector área y ángulo entre ellos. Y se construyen gradualmente. Para el flujo describe las partes sobre el folio, tapa 1, tapa 2, cuerpo del cilindro.

- **Lo nuevo con lo por venir.** **Pere** en E09_P coloca en discusión la selección de la superficie gaussiana, las condiciones que debe **cumplir** y cómo afectará más adelante, para la resolución de la ecuación.
- **Se construye gradualmente.** **Pere** construye gradualmente el concepto de flujo y superficie gaussiana. Aunque entidades más básicas como líneas de campo, y vector área las presenta como conocida y verbalmente no las define, sin embargo, con su actuación detallada en la parte gráfica, se van creando significados a medida que el profesor las dibuja y relaciona

9.1.3.2 *¿Cómo crean la imagen?*

- La herramienta principal de **Pere** para crear la imagen de la entidad o materializarla es el dibujo, en tamaño grande, limpio y muy bien realizado usando colores (hemisferio, dipolo, carga puntual). utiliza **el dibujo en secuencia** para el concepto de flujo, muy bien realizado en cuatro dibujos que le sirvió de soporte para explicar las relaciones gráficas y matemáticas entre las variables y el primer concepto de flujo. **En el ejemplo** para conceptualizar superficie gaussiana, **Pere** utilizó la **dramatización** con los gestos y la pausa, la **representación** sobre el dibujo en el ejemplo “yo soy la carga”, para construir las líneas de campo eléctrico y la superficie gaussiana. Utilizó la **representación imaginaria** de un cubo y la carga en el centro del aula para el concepto de superficie gaussiana.
- **Montse** es la que presenta mayor riqueza de estrategias para materializar imágenes de las entidades. En el capítulo 6 para la carga eléctrica con la demostración de la carga por frotamiento de dos elementos. En el capítulo 7 materializa el plano y el cilindro con el dibujo, luego con el cuaderno como plano y el cilindro como el resorte del cuaderno, al plano-folio le dibuja la carga como +++, las líneas de campo con los dedos, el flujo en el cilindro de papel por partes, la carga neta con una estrategia usando los dos folios y remarcando la intersección. En el capítulo 8, materializa la entidad a través del **dibujo** (carga puntual, superficie no plana), o una **representación con objetos sobre el dibujo** (plano inclinado, el problema del plano infinito). **Representación con objetos**, usando dos folios, en el concepto de flujo y carga neta encerrada, En la **representación imaginaria**, la narración es enfatizada con onomatopeyas y mucha gestualidad, en la representación con objeto sobre el dibujo, con un folio, con la palma de la mano. El

diferencial de área: **dibuja cuadros imaginarios sobre el plano-folio**, dibuja en el plano de la pizarra. Luego en la superficie no plana, lo dibuja como rectángulos.

- La explicación de **Laura** se desarrolla para construir la entidad, líneas de campo eléctrico LCE o líneas de fuerza en el capítulo 7 o Flujo eléctrico a través del plano en el capítulo 8. En las líneas de campo utiliza el dibujo que la acompaña y va desarrollando junto con la explicación, y utiliza objetos sobre el dibujo de la pizarra para elaborar la entidad: unidad de área transversal. En el capítulo 8, **Laura, materializa la entidad a través del dibujo, o una representación. Utiliza la representación con objeto (carpeta) y el campo uniforme atravesando el aula:** a) materializar el plano (carpeta) b) las líneas de campo con la gestualidad y el desplazamiento, o con los brazos, c) el vector diferencial de superficie con el brazo y el índice como la punta del vector, d) materializa el concepto cualitativo de flujo como número de líneas que atraviesan la carpeta f) materializar el segundo dibujo y la vista en el plano, mostrando como quedan los ejes para verificar vista en el plano desde “arriba” o eje y,. g) materializar la posición inicial (tercer dibujo) y posición final (cuarto dibujo), h) materializa el cambio de inclinación. Utiliza el **dibujo** para presentar y materializar el sistema de estudio, sus variables (líneas de campo, vector superficie, ángulo, perpendicular, paralelo, ejes coordenados de referencia) y comportamiento, **Utiliza el dibujo múltiple en secuencia** con el plano inclinado para dar soporte al concepto de flujo como producto escalar

A continuación, se presenta la tabla 9.1c) que muestra los resultados y la comparación de los mismos en relación a *cómo elaboran las entidades*, tercera categoría de las formas didácticas de intervención de los tres profesores.

Tabla 9.1c. Comparando las formas didácticas de intervención en los tres profesores. Categoría 3.

Aspectos didácticos – 3. Elabora Entidades.			
	Pere	Montse	Laura
Entidades	Los tres profesores elaboran: flujo eléctrico cualitativo, flujo como producto escalar, el producto escalar, diferencial de área, flujo como integral, flujo para superficie cerrada.		
	Montse y Pere trabajan con el flujo como fluido, y para ley de Gauss elaboran: superficie cerrada, superficie gaussiana.		Por su extensión, sólo se presenta el análisis para flujo eléctrico
¿Cómo las define?	Pere, presenta las entidades líneas de campo y vector área como conocidas. destaca características con el dipolo (fuente, sumidero)	Montse construye vector área a través de la representación del vector diferencial de área en el folio.	Laura es muy detallada sobre la pizarra, define flujo, vector área y describe partes, el flujo lo describe tomando en cuenta, tipo (escalar) de magnitud, cualitativo, matemático, unidades en sistema internacional.
	Define flujo eléctrico a partir de un flujo genérico y un campo genérico y luego con el dipolo llega a su definición completa.	Construye flujo eléctrico a partir de flujo de fluidos, creando la incompatibilidad con el tiempo y se soporta en el concepto electrostática.	Relaciona flujo eléctrico con la ley de Gauss que lo verá seguidamente, pero también lo relaciona con conceptos de temas posteriores, como las ecuaciones de Maxwell.
	Utiliza el plano inclinado para presentar los conceptos básicos de flujo eléctrico y su relación con el comportamiento entre líneas de campo, campo y ángulo, e introduce el diferencial de área a través del dibujo.	Utiliza el plano -folio. Presenta el concepto de flujo como integral a través de la representación de pequeños cuadros elementos de área y el concepto de suma para obtener el flujo total.	Laura, materializa la entidad a través del dibujo, o una representación con carpeta y el campo uniforme atravesando el aula: Utiliza el plano -carpeta para detallar los elementos de soporte visual: concepto de cara externa con la carpeta y la X,
¿Cómo crea la imagen?	La herramienta principal de Pere para crear la imagen de la entidad es el dibujo, en tamaño grande, limpio y muy bien realizado usando colores (hemisferio, dipolo, carga puntual).	Montse resalta en la representación a) imaginaria, enfatizada con onomatopeyas y mucha gestualidad, b) con objeto sobre el dibujo, con folio, con la palma de la mano.	Utiliza el dibujo del plano inclinado para presentar y materializar el sistema de estudio, sus variables (líneas de campo, vector superficie, ángulo, perpendicular, paralelo, ejes coordenados de referencia) y comportamiento,
	Pere utilizó a) la representación sobre el dibujo en el ejemplo “yo soy la carga”, b) la representación imaginaria del cubo y la carga en el aula	Utiliza la representación con objetos , usando dos folios, en el concepto de flujo y carga neta encerrada.	Combina dibujo y representación para materializar la transformación de los ejes de referencia, en las vistas de planta del sistema del plano, con el lenguaje simbólico gráfico.
	Utiliza el dibujo en secuencia , muy bien realizado en cuatro dibujos que le sirvió de soporte para explicar relaciones gráficas/ matemáticas entre variables	Montse materializa la entidad con la representación con objetos sobre el dibujo en secuencia (plano inclinado, plano infinito).	Utiliza el dibujo múltiple en secuencia con el plano inclinado para dar soporte al concepto de flujo como producto escalar
	Los tres profesores desarrollan la explicación, en conjunto con el desarrollo visual de la entidad. (La imagen no se coloca y luego se desarrolla la explicación, sino que el desarrollo de la imagen forma parte de la explicación).		

Fuente: Elaboración propia

9.1.4 Promueve aptitudes y habilidades propias de la profesión

9.1.4.1 *En la expresión matemática.*

- ***Fomentan el uso de la nomenclatura matemática vectorial en la escritura.*** *Pere, Montse y Laura* fomentan valores propios de la profesión, destacando la importancia del uso correcto de la nomenclatura en la escritura, y promueven el desarrollo de capacidades matemáticas para la resolución de problemas, le dan importancia a la notación vectorial y la expresión matemática. Diferencian con la simbología de la integral, si la superficie es abierta o cerrada. Resaltan a los estudiantes la diferencia al escribir las variables del producto de dos vectores con las flechas arriba o sin ellas. Expresan relaciones de forma matemática, el flujo puede ser igual a cero, positivo o negativo. Se observa la importancia de colocar nombre al vector, con su flecha arriba, o de usar la nomenclatura para referirse a flujo eléctrico " ϕ_E ", sobre el dibujo para hacer el enlace al desarrollo matemático.
- ***Contribuyen al desarrollo de capacidades matemáticas.*** En la resolución de problemas se observó a *Pere, Montse* el desarrollo matemático escrito de forma organizada en la pizarra, y describiendo cada paso, hasta la resolución final donde remarcan la respuesta; de esta forma dirigen y refuerzan las habilidades matemáticas y de organización de los estudiantes.

9.1.4.2 *En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación*

- ***Desarrolla la visión espacial.*** Los tres profesores con su hacer contribuyen a que el estudiante desarrolle su visión espacial.
 - *Pere* presenta las variables del enunciado, con muy buenos dibujos del sistema para crear la imagen 3d, (Ej. D01_P, E01_P) y así logra materializar espacialmente a las entidades vector área, línea de campo, campo, ángulo, diferencial de área, superficie gaussiana con el dibujo (Ej. D03_P, E03_P). Utiliza también la representación con su cuerpo y objetos imaginarios para crear la visión espacial de los elementos, por ejemplo,

las líneas de campo que salen radiales en el espacio con la mímica sobre el dibujo, luego con el cubo lo representa señalando con los brazos mientras se desplaza y habla.

- **Montse** desarrolla la visión espacial, utilizando como estrategias la descripción verbal, gestual, acción con objetos para recrear la entidad o situación. Montse se destaca trabajando la visualización del sistema con los estudiantes (la superficie gaussiana, el vector área, línea de campo, el plano, la carga encerrada), como ya se explicó en la sección anterior, utilizando el dibujo, y múltiples representaciones con objetos, las manos; todo para para hacerlos tangible
- **Laura** Utiliza estrategias para desarrollar la visión espacial destacando en la parte de **traslación gráfico matemático de las vistas de un sistema** y el análisis del comportamiento de las variables del sistema. Desarrolla la visión espacial. En su actuación se distingue su interés de que el estudiante tenga las herramientas para desarrollar la visión espacial, y poder hacer la trasposición del espacio tridimensional a diferentes vistas en el plano, que es un objetivo transversal en la profesión [D15_L]. **Materializa todas las entidades en tres dimensiones:** a través de la gestualidad, su discurso descriptivo, el uso de objetos, que acompaña con el dibujo Laura muestra un gran uso de la gestualidad y preocupación por la visión espacial de los estudiantes, al realizar la dinámica de la carpeta que da soporte a su dibujo del plano en forma espacial, 3d, que luego lo lleva a una vista de planta soportado con el uso de la carpeta y el brazo como vector. Interactúa gestualmente para la visualización de los vectores, la superficie, el ángulo, y puedan hacer las conexiones gráfico-matemático.

➤ **Nomenclatura en el gráfico. Uso de la expresión simbólica, gráfico y vectorial.** Los tres profesores destacan la importancia del uso de expresiones simbólicas, gráficas y vectoriales.

- **Pere** en el ejemplo de la carga puntual, se observa la importancia de colocar nombre al vector, con su flecha arriba, sobre el dibujo. Por ejemplo, el vector posición r al dibujarlo. Trabaja con la imagen y con la ecuación. Pere va señalando relaciones de las variables de la ecuación, con ayuda del sistema dibujado. En general en Pere se observa que la redundancia descriptiva es importante. Al realizar el dibujo si es espacial, le escribe “su nombre descriptivo” al lado. Ej. la esfera, la dibuja y lo coloca de forma escrita, para evitar confusión con un círculo o una línea.

- **Montse** Utiliza valores propios de nomenclatura: en la escritura, en el gráfico, se observa en el uso correcto de la nomenclatura, que a la vez son coherentes a las usadas en el desarrollo matemático, con las utilizadas o definidas en el dibujo del sistema planteado. desarrolla capacidades matemáticas y matemáticas-gráficas, cuando conecta la explicación gráfica del flujo con la ley de Gauss escrita en la pizarra (E27_M), cuando Presenta relaciones gráficas de los componentes campo, vector área de la ecuación, al dibujarlo y llamarlos escribiendo su notación vectorial, sobre el sistema del plano-cilindro dibujado en E28_M. En E30_M. Respeta la nomenclatura vectorial. Aunque se observa poco cuidado para presentar el enunciado por escrito (no lo hizo), y en el dibujo del sistema no quedo claro al inicio, sino que se iba completando, sigma.
 - **Laura**, en esta investigación no se presenta Laura para observar su desarrollo matemático en la resolución de problemas, sin embargo, se observa un gran cuidado en el uso de la notación simbólica, vectorial y matemática; el cuidado al dibujar vectores y colocarles su identificación en la gráfica y haciendo las conexiones con la gestualidad entre las variables del dibujo, con la expresión matemática en el caso del flujo.
- **Desarrollan esquemas coherentes de análisis.** Los tres profesores desarrollan esquemas coherentes de análisis. A través de la explicación y el desarrollo del dibujo que acompaña a la explicación, se le da coherencia a los análisis, dibujando las variables que intervienen en la expresión matemática a utilizar, que justifica lo escrito. Ambos con el uso de la nomenclatura descriptiva correspondiente para todos los elementos que interactúan en dicho sistema.
- **Pere** a través de la explicación y el desarrollo del dibujo que acompaña a la explicación, se le da coherencia a los análisis. Establece la necesidad de la representación del sistema, dibujando las variables que intervienen y que fundamentaran la resolución de la expresión matemática a utilizar, que justifica lo escrito. Ambos con el uso de la nomenclatura descriptiva correspondiente para todos los elementos que interactúan en dicho sistema, E06_P. Interactúa gestualmente para la visualización de los vectores, la superficie, el ángulo, y puedan hacer las conexiones grafico-matemático E07_P, E10_P. Para **Pere** es importante y lo comunica en su hacer, la representación del sistema a través del dibujo de todos los elementos que intervienen en el análisis, se observa la redundancia descriptiva para comunicarse, el uso de la notación vectorial, la escritura matemática, es cuidadoso al presentar las ecuaciones textualmente escritas. Desarrolla la

visión espacial. Presenta las variables del enunciado, dibujando el sistema en 3d, materializa la entidad plano imaginario en forma espacial, y luego lo lleva a una vista de perfil, en el plano, con el dibujo en secuencia.

- Para **Montse** es muy importante el análisis, en la explicación utiliza estrategias para desarrollar la visión espacial, muestra un gran uso de la gestualidad destacando la representación con la interacción en la parte de análisis. Presenta las variables del enunciado en el dibujo, materializa todas las entidades en tres dimensiones: a través de la gestualidad, la mímica, la onomatopeya, el uso de objetos, que acompaña con el dibujo.
- **Laura** integra al estudiante en la forma de comunicarse dentro de su nueva comunidad intelectual. Laura destaca en la formalidad al comunicarse, resaltando cómo el estudiante debe expresarse y comunicarse por escrito, así como ella lo hace en la pizarra. Se observa mucha disciplina y repetición del proceso, al dibujar el sistema, resalta las variables que intervienen y utiliza mucha simbología. Se observa el uso de símbolos como el “ojo”, los ejes de coordenadas como referencia, no observados en los otros profesores, para explicar la transformación a la vista de planta del plano. Todas las variables aparecen en el dibujo, en lo descrito como concepto y en las expresiones matemáticas. **Utiliza estrategias para desarrollar la visión espacial destacando en la parte de traslación grafico matemático de las vistas de un sistema y el análisis del comportamiento de las variables del sistema.** En su actuación se distingue su interés de que el estudiante tenga las herramientas para desarrollar la visión espacial, y poder hacer la trasposición del espacio tridimensional a diferentes vistas en el plano, que es un objetivo transversal en la profesión. Materializa todas las entidades en tres dimensiones: a través de la gestualidad, su discurso descriptivo, el uso de objetos, que acompaña con el dibujo Interactúa gestualmente para la visualización de los vectores, la superficie, el ángulo, y puedan hacer las conexiones grafico-matemático. En el capítulo 6, en el ejemplo de cargas puntuales es muy detallada en la resolución cualitativa manteniendo las proporciones en el número de líneas, según el valor de la carga.

En la siguiente tabla 9.1d) se presenta en forma de resumen los resultados y la comparación de los mismos en relación a *cómo fomentan y promueven habilidades propias de la profesión*, en la cuarta categoría de las formas didácticas de intervención de los tres profesores.

Tabla 9.1d. Comparando las formas didácticas de intervención en los tres profesores. Categoría 4.

Aspectos didácticos – 4. Habilidades profesionales			
Prof.	Pere	Montse	Laura
Expresión matemática	Fomentan valores propios de nomenclatura en la escritura, y desarrollan capacidades matemáticas para la resolución de problemas, le dan importancia a la notación vectorial y a la expresión matemática. Diferencia con la simbología de la integral, si la superficie es abierta o cerrada. Resaltan la diferencia al escribir las variables con las flechas arriba o sin ellas. Expresan relaciones de forma matemática, el flujo puede ser igual a cero, positivo o negativo. Se observa la importancia de colocar nombre al vector, con su flecha arriba, sobre el dibujo para hacer el enlace al desarrollo matemático.		
Expresión visual y gráficas	En habilidades de expresión visual y gráficas que acompañen su comunicación Los tres profesores desarrollan esquemas coherentes de análisis A través de la explicación y el desarrollo del dibujo del sistema, se le da coherencia a los análisis, dibujando las variables que interactúan en dicho sistema e intervienen en la expresión matemática a utilizar, que justifica lo escrito. Ambos con el uso de la nomenclatura descriptiva correspondiente.		
	Para Pere es importante la representación del sistema a través del dibujo de todos los elementos que intervienen en el análisis, y lo comunica en su hacer. Se observa la redundancia descriptiva, el uso de la notación vectorial, la escritura matemática, es cuidadoso al presentar las ecuaciones textualmente escritas. Desarrolla la visión espacial. Presenta las variables del enunciado, dibujando el sistema en 3d, materializa la entidad plano imaginario en forma espacial, y luego lo lleva a una vista de perfil, en el plano, con el dibujo en secuencia.	Para Montse es muy importante el análisis , en la explicación. Utiliza estrategias de representación con objetos para desarrollar la visión espacial, con un gran uso de la gestualidad. Presenta las variables del enunciado en el dibujo, materializa todas las entidades en tres dimensiones: a través de la gestualidad, la mímica, la onomatopeya, el uso de objetos, que acompaña con el dibujo. Materializa todas las entidades en tres dimensiones.	Para Laura es importante integrar al estudiante en la forma de comunicarse como ingeniero, su nueva comunidad intelectual. Laura destaca en la formalidad de la escritura gráfico matemático y descriptivo, con un énfasis que le indica al estudiante como debe expresarse por escrito, así como ella lo hace en la pizarra. Se observa mucha disciplina y repetición del proceso , al dibujar el sistema, resalta las variables que intervienen y utiliza mucha simbología. Se observa el uso de ejes de referencia, no observados en los otros profesores , para explicar la transformación a la vista de planta del plano. En su actuación se distingue su interés de que el estudiante tenga las herramientas para desarrollar la visión espacial, y poder hacer la trasposición del espacio tridimensional a diferentes vistas en el plano, que es un objetivo transversal en la profesión. Materializa todas las entidades en tres dimensiones.

Fuente: Elaboración propia

9.2 Aspectos Retóricos - Argumentativos.

Se observa la selección y construcción de las tesis que va determinando la secuencia y orden del discurso; estas tesis se rigen principalmente por el programa curricular de electromagnetismo, diseñado en el departamento, complementado con el conocimiento de los programas curriculares que le preceden, como física-mecánica y cálculo vectorial.

A continuación, se presentan los apartados que caracterizaron la dimensión retórica argumentativa de la explicación vista como la construcción de una historia. El discurso analizado se puede caracterizar por sus elementos: tesis, premisas, argumentos y formas de presentarlos. Además, se caracterizó también la construcción de la historia explicativa por los escenarios utilizados para desarrollar las tesis. Y por último se presentan características tomadas a lo largo de la investigación que caracterizan a los profesores desde la preparación y comunión con la audiencia.

Para facilitar la búsqueda presentamos la información de las partes que resumen el análisis argumentativo en la historia explicativa del Flujo y ley de Gauss en el capítulo 8, formadas por:

	Pere	Montse	Laura
Descriptiva	Apartado 8.2.10	Apartado 8.3.11	Apartado 8.4.9
Tablas de las tesis y argumentos en la historia explicativa	Tabla 8.11 a), Tabla 8.11 b), Tabla 8.11 c)	Tabla 8.29 a) Tabla 8.29 b)	Tabla 8.44 a) Tabla 8.44 b)
Esquema en bloques de la historia	Tabla 8.12 a	Tabla 8.30 a,	
Esquema en bloques de la historia con escenarios y episodios	Tabla 8.12 b	Tabla 8.30 b,	Tabla 8.45

9.2.1 Tipos de premisas

El discurso analizado se puede representar en función de las premisas, las tesis y argumentos que la justifican. Se encontraron tipos similares en cuanto a las premisas utilizadas: a) conocimientos previos: gráfico, matemáticos y de vectores, b) conocimiento reciente: sobre carga eléctrica, campo eléctrico, ley de Coulomb, líneas de campo, c) conocimiento por construir: En ello se resalta la entidad “vector área” que es necesaria para definir flujo eléctrico; igual sucede con superficie abierta que complementa la definición del vector área y superficie

cerrada que lleva a definir superficie gaussiana. Estas observaciones se pueden presentar como una clasificación de los tipos de premisas encontradas, donde el profesor se basa en a) el conocimiento supuesto que tiene el estudiante sobre: herramientas matemáticas básicas, b) conceptos dados al comienzo de la unidad de electrostática, y c) en tesis o conocimientos que aún no posee el auditorio, y que necesitan ser contruidos durante su discurso.

Como resultado se pueden definir los tipos de premisas encontradas como:

- a) Premisas básicas, representan el conjunto de conceptos tomados como pre requisitos curriculares de la asignatura, conocimientos que en general se asumen como “perfectamente claros” y entendidos por el alumnado, aquellos de los que se conocen todos los casos de aplicación, como por ejemplo el conocimiento supuesto que tiene el estudiante sobre herramientas matemáticas básicas: el producto escalar, el álgebra vectorial.
- b) Premisas de la unidad, son las premisas dadas desde el comienzo de la unidad, y recientemente presentadas y a las que se hace necesario reforzar, representadas por los conceptos dados al comienzo de la unidad de electrostática: carga eléctrica, campo eléctrico.
- c) Premisas a desarrollar, conjunto de conocimientos que aún no posee el auditorio, y que necesitan ser contruidos durante su discurso. Vienen a ser tesis que al desarrollarlas se convierten en premisas; y que se observan insertadas de forma secuencial, y coherente según el orden dado por el profesor. Es decir, dentro del desarrollo de la tesis principal, se encuentran varias tesis desarrolladas, como lo son: el vector de superficie y el flujo eléctrico.

Las premisas antes descritas se resumen a continuación en la figura 9.1.

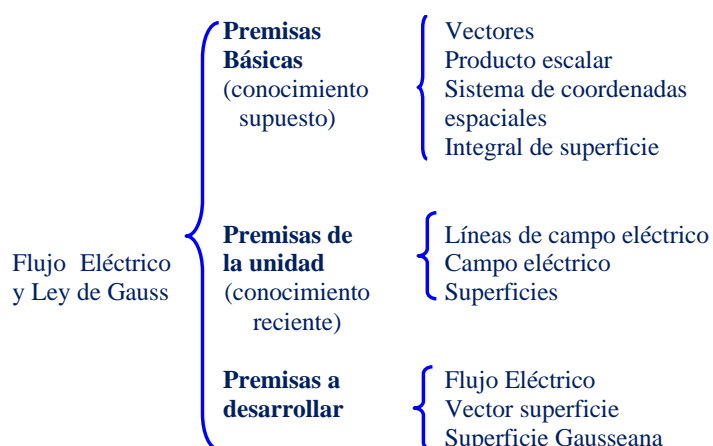


Figura 9.1 Tipos de premisas en el tema de flujo eléctrico.

9.2.2 Formas de presentarla: la presencia y la multimodalidad

La enseñanza de la física requiere un esfuerzo de la acción multimodal en el aula, creando sistemas físicos desde el imaginario logrando así una **presencia** de alto nivel. De esta manera, muchos recursos multimodales están interactuando y los estudiantes son involucrados e integrados dentro de este sistema imaginario. La combinación dinámica de recursos multimodales en la acción de los docentes refuerza la presencia de flujo eléctrico a los estudiantes, facilitando la construcción de significados. A pesar de que cada profesor presentó formas diferentes de crear la explicación sobre el mismo tema, incluso utilizando el mismo sistema, se observó un esfuerzo a lo largo de sus explicaciones por mantener la atención de los estudiantes. Ellos hicieron uso de: voces, gestos, la inclinación de su cuerpo, envolviendo a los estudiantes dentro de la explicación que pasarán a ser considerados como un todo. Los modos de representación utilizados fueron: a) representación espacial, a través de la recreación en escena, b) el uso del cuerpo y los brazos para dar presencia a la direccionalidad del vector campo eléctrico y el vector área, c) la representación espacial, el uso de objetos imaginarios y objetos físicos, d) la representación en la pizarra con dibujos, usando colores y utilizando también objetos físicos.

Este apartado se complementa con el relacionado con los modos comunicativos.

9.2.3 Tipos de argumentos encontrados en las explicaciones

En la tabla 9.2 se muestran los tipos de argumentos usados por los profesores. *Se observa que predominan las mismas construcciones de argumentos:* a) **argumentos cuasi lógicos**, en pocos casos basados en relaciones de tipo lógico, como *de incompatibilidad*, y *de reciprocidad*; y mayoritariamente basados en relaciones matemáticas, como argumentos de *adición*, y de *comparación* y *los de deducción matemática*; b) **argumentos que fundamentan la estructura de lo real**, en concreto se identifican *argumentos por el caso particular (la ilustración, el ejemplo)*, y por *la analogía*; Montse y Laura con el *argumento de demostración visual* y c) **argumentos basados en la estructura de lo real**, como el de *autoridad*, basado en una relación de coexistencia, argumento de *doble jerarquía* basado en relaciones de coexistencia. Todos los anteriores son **argumentos de asociación**. No se encontraron *argumentos de disociación*, exceptuando en el concepto de flujo y el tiempo donde se encontró el *argumento de contradicción* de Montse que pudiese interpretarse como *argumento de disociación*.

Se destaca el hecho de que los argumentos que fundamentan la estructura de lo real: ilustración, ejemplo, demostración y Analogía, en su mayoría fueron **argumentos visuales**, basado en la representación con objetos, en el dibujo, en la narrativa descriptiva que evoca imágenes acompañada de onomatopeyas y gestualidad. Usando los modos comunicativos como recurso para convencer a la audiencia.

Tabla 9.2. Argumentos encontrados en las historias estudiadas

Argumentos		PERE	MONTSE	LAURA
Cuasilógicos	Lógicos	Incompatibilidad Reciprocidad	Definición e Identidad Contradicción e Incompatibilidad	
	Matemáticos	La división del todo y las partes Adición, Comparación	de adición, de comparación	de adición, de comparación
		Deducción matemática	Deducción matemática	Deducción matemática
Argumentos que Fundamentan la estructura de lo real				
Caso Particular Predomina el tipo de Argumento Visual	Ilustración	Lo utiliza y aparece como Macro argumento	Lo utiliza y aparece como Macro argumento	Lo utiliza y aparece como Macro argumento
	Ejemplo	Lo utiliza y aparece como Macro argumento	Lo utiliza y aparece como Macro argumento	Lo utiliza y aparece como Macro argumento
	Demostración visual con objetos		Lo utiliza y aparece como Macro argumento Carga eléctrica	Lo utiliza y aparece como Macro argumento Plano inclinado ejes coordenados
	Analogía/ metáfora	La piscina	El río Dos ríos y un aro	Líneas de campo magnético-eléctrico
Argumentos que se basan en la estructura de lo real				
Coexistencia	Autoridad	Lo utiliza	Lo utiliza	Lo utiliza de forma destacada
	Doble jerarquía	Lo utiliza	Lo utiliza	Lo utiliza y aparece como Macro argumento
De Sucesión	Causal	Lo utiliza	Lo utiliza	Lo utiliza
	Pragmático		Lo utiliza	Lo utiliza

Fuente: Elaboración propia

9.2.4 Comparando Tesis en la construcción de flujo y ley de Gauss.

El discurso analizado en el capítulo 8, se puede representar como lo muestran las tablas 9.3 y 9.4, por las tesis comunes observadas, la primera corresponde al tema de flujo eléctrico, con los tres profesores, y la tabla 9.4 para el tema de ley de Gauss con dos profesores. En la primera columna de estas tablas se ubican las tesis principales de la historia, y en las columnas posteriores se coloca a cada profesor, indicando la ubicación de la tesis en enumeración de su historia y el escenario utilizado. En estas tablas se destacan celdas a color señalando a aquellos profesores que llamaron la atención bien sea por el tipo de argumento utilizado o por su énfasis en la construcción de la tesis, repitiéndola en momentos diferentes o utilizando variados argumentos.

- **Flujo eléctrico: hasta construir Flujo como la integral del producto escalar.** Se presenta en las Tablas 9.3 resaltando en gris aquellas tesis en que el profesor más hace énfasis.

1. **El concepto cualitativo de flujo en superficie abierta:** “El flujo es una cantidad escalar que nos indica cuántas líneas atraviesan una superficie”. **Pere** introduce el concepto *para un flujo cualquiera*, a través del argumento visual ilustración (T1 - escenario 1_P: Plano inclinado en secuencia) soportado por un *Argumento de doble jerarquía*. **Montse** igualmente lo introduce a través de un *Argumento visual de doble jerarquía* (T5 - escenario 3_M: Plano solo). **Laura** en cambio lo introduce al iniciar la clase, con una exposición formal sin escenario, escribiendo en la pizarra y anticipando el dibujo que luego realizaría.
2. **El vector área y las líneas de campo.** **Pere** las introduce a ambas como premisas conocidas, no las define verbalmente, sin embargo, les va dando características en las cuatro figuras del primer escenario, y continua así en el resto de los escenarios. **Montse** al igual que **Laura** desarrollan más este concepto; ambas han dado el concepto de líneas de campo en la clase anterior, de forma similar en el capítulo 7. **Montse** presenta el vector área a través del *argumento visual por ilustración* (T7 - Escenario 3_M: Plano inclinado) por medio del folio a quien le dibuja “pequeños cuadros” y los señala como diferenciales de área y más adelante le agrega características para la superficie abierta

que puede tener dos sentidos (T12 - Escenario 4_M y 3_M: superficie amorfa y plano inclinado). **Laura** también hace énfasis, siendo un poco más exhaustiva y detallada con el concepto, lo define por escrito en la pizarra, utilizando el *argumento por autoridad* con definición escrita; y *argumento por ilustración* con el dibujo y el sentido con el rotulador (T3 - Escenario 1_L: Plano sólo) y luego a través de varios argumentos: visual por ilustración, de autoridad, y pragmático, define “cara externa del plano” que da el sentido del vector área (T6: Escenario 2_L: La carpeta y líneas de campo en el aula). Los tres profesores se basan en *argumentos visuales*.

3. **El concepto de flujo como producto escalar en superficie plana: Pere** (T2 - escenario 1_P: Plano inclinado en secuencia) y **Laura** (T4 - Escenario 1_L: Plano sólo), lo introducen por el *argumento de autoridad* y luego *por argumento de ilustración*. Montse presenta directamente la ecuación con la integral.
4. **Flujo dependiendo del producto de tres variables: campo, área y ángulo entre estos dos vectores (“elementos del flujo”)** $\phi = C.A.\cos \theta$: **Pere** utiliza un *macro argumento visual por ilustración gráfica* (T3 - Escenario 1_P: Plano inclinado). **Montse** utiliza un argumento visual cuasi lógico matemático, (T8 - Escenario 3_M: Plano inclinado) con representación utilizando el folio sobre el dibujo y señalando vectores y ángulo. **Laura** hace mucho énfasis en esta relación de cuatro elementos, **repetido en todos los escenarios**. Primero con un argumento por *deducción matemática*, (T10 -Escenario 2_L: La Carpeta y Aula) luego casos particulares usando un *macro argumento visual doble jerarquía* con (T11, T12, T13 Escenario 2_L: representación del plano/carpeta rotando), y luego un *Macro argumento visual por demostración* con objeto para caso flujo cero, flujo máximo (T15, T16 Escenario 3_L escenario Dibujo Plano inclinado) y confirma con argumento por deducción matemática y repite en (T19 - Escenario 4_L: Superficie no plana y campo no uniforme) con un argumento por deducción matemática (ver tabla 9.3a).

Tabla 9.3a) Comparación entre profesores. Tesis utilizadas en la historia: Flujo eléctrico

Construcción del concepto de flujo eléctrico			
Objetivo de la Tesis.	Pere Escenarios-tesis	Montse Escenarios-tesis	Laura Escenarios-tesis
1. Concepto cualitativo de Flujo.	Escenario 1_P: Plano inclinado T1: Argumento visual ilustración soportado por un Argumento de doble jerarquía	Escenario 3_M: Plano solo. T5: Argumento visual de doble jerarquía	Sin escenario 0_L: T2: Plano solo. Argumento por autoridad
2. Vector área	(implícito verbalmente, explícito visualmente) Lo introduce como conocido.	Escenario 3_M: Plano inclinado T7: Argumento visual por ilustración Escenario 4_M: Superficie amorfa T12. Argumento visual por ilustración , folio/rotulador sobre el dibujo	Escenario 1_L: Plano sólo T3 Plano solo. Argumento por autoridad con definición escrita; y argumento por ilustración con el dibujo y el sentido con el rotulador Escenario 2_L: La Carpeta y Aula Define “cara externa del plano” para definir sentido del vector área T6: Argumentos visual por ilustración + A. autoridad + A pragmático
3. Flujo como producto escalar de campo y área	Escenario 1_P: Plano inclinado T2: Argumento Autoridad $\phi = \vec{C} \cdot \vec{A}$		Escenario 1_L: Un plano T4 Argumento de autoridad . argumento visual por ilustración $\phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$
4. Relación de Flujo con tres elementos: campo, área, y ángulo $\phi_E = E \cdot A \cdot \cos(\theta)$	Escenario 1_P: Plano inclinado T3 Argumento visual por ilustración gráfica $\phi = C \cdot A \cdot \cos \theta$	Escenario 3_M: Plano inclinado. T8 Argumento visual cuasi lógico matemático , con representación con el folio/dibujo $\phi_E = \int E \cdot dA \cdot \cos \theta$	Escenario 2_L: La Carpeta y Aula T10. Argumento por deducción matemática , Macro argumento visual doble jerarquía T11, T12, T13 Argumentos visual de doble jerarquía . Lo desglosa en casos particulares representación del plano/carpeta rotando Escenario 3_L: Dibujo Plano inclinado- Macro argumento por demostración con objeto. T15: flujo máximo y T16: flujo cero T15, T16: Argumentos visual por demostración Argumento por deducción matemática Escenario 4_L: Superficie no plana y campo no uniforme T19: Argumento por deducción matemática

Fuente: Elaboración propia

5. **La vista espacial del plano y procedimiento para formalizar la vista de perfil.** Laura se distingue en que es la única profesora que realiza un procedimiento apoyada en el argumento de demostración visual gráfica, para colocar el plano inclinado de perfil (T14: Escenario 3_L: Dibujo Plano inclinado en secuencia + Micro escenario con la Carpeta).
6. **Diferencian comportamiento de los “elementos” para superficie plana y no plana:** *Pere y Laura le dedican tiempo, y lo repiten en varios escenarios, lo que indica que es de mucha importancia esta construcción.* Utilizando todos argumentos visuales de ilustración y cuasilógicos matemáticos, (adición o comparación). **Pere** (T4: Escenario 1_P, Plano inclinado), y se distingue por cuatro dibujos muy bien descritos (grafico, matemático y vectorialmente) y luego repite en (T5: Escenario 2_P: hemisferio). **Laura** (T5: Escenario 1_L, Plano solo) y (T17: Escenario 4_L, Superficie No plana). **Montse** utiliza la representación con folio y rotulador sobre el dibujo (T9: Escenario 4_M: Superficie amorfa).
7. **El flujo como integral $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$:** **Pere** se basan en *argumentos de autoridad* en un campo cualquiera. **Laura y Montse** utilizan *argumentos cuasilógicos matemáticos de adición*. Montse lo presenta por autoridad cuando presenta el plano (T6: Escenario 3_M: Plano solo) y luego justifica con *cuasilógicos matemáticos*, (T10: Escenario 4_M: Plano solo). Laura en la superficie no plana (T17: Escenario 4_L: Superficie no plana).
8. **Presentan la ley de Gauss, dentro del corpus de la física,** como la primera de las cuatro ecuaciones de Maxwell, su importancia en la teoría electromagnética. Los tres profesores lo introducen utilizando *un argumento de autoridad* por conocimiento de la ciencia y la física se diferencian en el momento. Laura (T1) lo introduce al inicio, **es una estrategia común en Laura presentar el tema y ubicarlo dentro del programa curricular**, en este caso lo hace para presentar a flujo eléctrico conectado a la ley de Gauss. **Montse** (T13, T14) lo realiza en el enlace entre flujo y ley de Gauss, y usa una metáfora cuando llama a las cuatro ecuaciones. **Pere** (T10) lo comenta como cierre, ya ha dado el enunciado de la ley de Gauss y agrega luego un relato de la “trampa”.
9. **La analogía Flujo de fluidos y flujo eléctrico.** **Montse y Pere** construyen esta tesis utilizando el *argumento de analogía*. **Montse** le dedica mucho tiempo (T1, T2, T3), y utiliza dos escenarios basados en ríos en una *macro ilustración visual*, contruidos con la representación gestual con objetos imaginarios; lo utiliza como estrategia para conseguir la participación de los estudiantes, y captar su atención al tema. Pere lo utiliza de cierre (T11) luego de presentar el enunciado de Gauss en el dipolo, más como un

descanso a los estudiantes, lo construye como un relato iniciando de forma jovial, que Gauss hizo trampa porque se aprovechó de otras áreas de la física para obtener la expresión matemática, dibujando una piscina y haciendo una relación de todos los elementos con el dipolo. (ver tabla 9.3b anterior).

Tabla 9.3b) Comparación entre profesores. Tesis utilizadas en la historia: Flujo eléctrico

Construcción del concepto de flujo eléctrico			
Objetivo de la Tesis.	Pere Escenarios-tesis	Montse Escenarios-tesis	Laura Escenarios-tesis
5. La vista espacial 3d transformación a 2d	No	Realiza una representación con el folio sobre el dibujo para indicar la vista	Escenario 3_L: Dibujo Plano inclinado + Micro escenario con la Carpeta T14. Dibujo en secuencia y carpeta. Argumento por demostración visual gráfica
6. Diferencia superficie plana-no plana (ángulo Teta no es constante)	Escenario 1_P, Plano inclinado Escenario 2_P: hemisferio T4 y T5: Ambos Argumento visual por ilustración , Argumento cuasi lógico matemático por comparación	Escenario 4_M: Superficie amorfa T9. Argumento visual por ilustración , representación con el folio, y con el rotulador sobre el dibujo	Escenario 1_L: Plano sólo T5 Argumento visual de ilustración + Argumento visual cuasi lógico matemático Escenario 4_L: Superficie no plana y campo no uniforme T17: Argumento visual cuasi lógico, de adición en base a definición de integral
7. Flujo como integral “El flujo a través de cualquier superficie (plana y no plana) es: $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$ ”	Escenario 2_P: El hemisferio. T6. No demostrada A. Autoridad $\phi = \int_{\text{área}} \vec{C} \cdot d\vec{A}$	Escenario 3_M: Plano solo. Escenario 4_M: Superficie amorfa T6 y T10 ambos Argumento visual cuasi lógico matemático de adición de definición de la integral	Escenario 4_L: Superficie no plana y campo no uniforme T17: Argumento cuasi lógico, matemático de adición por definición de la integral $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$
8. Ley de Gauss 1ra Ecuación de Maxwell.	T10. Argumento por autoridad de las ciencias, y la Física	T14. Argumento por autoridad de las ciencias, y la Física	Sin escenario: T1. Argumento por autoridad
9. El flujo eléctrico comporta de manera análoga al flujo de fluidos.	Escenario 3_P: Dipolo Escenario 4_P: Piscina T11. Argumento analogía	Escenario 1_M: Un río Tesis 1, tesis 2 Escenario 2_M: dos ríos y anillos Tesis 3. T1: Argumento por la metáfora. T2 y T3: Argumento visual de ilustración Y todo el segmento es una macro ilustración	

Fuente: Elaboración propia

➤ **Pere y Montse hasta enunciar la ley de Gauss.**

10. El concepto matemático de flujo para superficie cerrada $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$:

Introducida como *argumento por autoridad* por Pere y Montse

11. El concepto cualitativo de flujo en superficie cerrada: “el flujo a través de una superficie cerrada es proporcional al número de líneas que salen menos las que entran, y este número puede ser cero o distinto de cero”. **Pere** luego, con el dipolo, presenta *el flujo eléctrico y realiza varios casos con (T8 - escenario 2_P: hemisferio)* utilizando argumento visual por el ejemplo el argumento cuasi lógico matemático, y luego con un macro –argumento del ejemplo: (T8 -escenario 3_P: Dipolo) para Flujo cero, flujo distinto de cero.

12. Superficie Gausseana. superficie cerrada, imaginaria que se aprovecha de la simetría del problema para facilitar resolver la integral del producto escalar en la ecuación del flujo. Pere lo introduce por *argumento de autoridad* y Montse lo utiliza por su utilidad para resolver la integral, como un *argumento pragmático*.

13. Para el caso de la carga puntual, la esfera es una superficie gausseana. Pere justifica la tesis con un argumento visual por ilustración, realizando un dibujo, luego una mímica “yo soy la carga” con los brazos representando las líneas de campo. Y luego utiliza una contraposición, el cubo en un micro escenario recreado en el aula con objeto imaginario, a través de argumentos visual cuasi lógica de comparación y luego un *argumento de incompatibilidad* demostrando que el cubo no es superficie gausseana como lo es la esfera. Montse lo justifica con un argumento por ilustración, con dibujo y la gestualidad, verificado luego en la resolución matemática. En este sentido, **Pere realiza un mayor énfasis para crear el concepto de la superficie gausseana**, al hacer diferencias con otra forma de superficie, y en su actuación dramatizada en ambos casos.

14. La notación vectorial de la expresión de flujo en la ley de Gauss, el termino EA, hay una gran diferencia escribirlo con “flechita” arriba. que sin ella $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \neq \phi_E = \int E \cdot dA$. Ambos profesores destacan la notación Pere haciendo una comparación entre dos expresiones con un argumento cuasi lógico, y Montse utiliza un argumento pragmático

15. Aplicación de la ecuación del flujo para superficie cerrada. Ambos utilizan argumentos *cuasi lógico matemático por deducción matemática*. **Pere** lo introduce para darle validez a la ley de Gauss, como un cálculo de campo eléctrico y demuestra que el campo eléctrico de una carga puntual, aplicando ley de Gauss, da el mismo resultado

conocido de Coulomb. (T16: Escenario 5_P: Carga puntual). Montse lo aplica como un caso de flujo eléctrico, que luego generaliza a la ley de Gauss (T19: Escenario 5_M: Carga puntual).

16. Enunciado de la ley de Gauss, el flujo eléctrico a través de una superficie cerrada es igual la carga neta encerrada dividida por ϵ_0 . **Pere** (T9: Escenario 3_P: Dipolo) utiliza varios argumentos, primero por *argumento autoridad*, pero luego lo reviste de utilidad *argumento pragmático*, y muestra *argumento por el ejemplo*. **Montse** (T20, T21, T26: Escenario 5_M: Carga puntual) lo introduce por *argumento autoridad*, y luego aplica varios *argumentos por el ejemplo*.

17. El flujo es proporcional a la carga encerrada. **Montse** realiza un *macro argumento por el ejemplo* (Escenario 6_M: Dipolo) formado por *argumentos por deducción matemática* (T21 y T26: caso flujo cero), *argumento por Ilustración* y *cuasi lógico matemático argumentos por ejemplo* (T22: caso flujo negativo), (T23: caso flujo positivo).

En la tabla 9.4 se presenta lo anteriormente descrito, destacando las celdas a color, para señalar a aquellos profesores que llamaron la atención bien sea por el tipo de argumento utilizado o por su énfasis en la construcción de la tesis, repitiéndola en momentos diferentes o utilizando variados argumentos.

Tabla 9.4 Comparación entre profesores. Tesis utilizadas en la historia: Ley de Gauss

Construcción del enunciado de la Ley de Gauss		
Tesis:	Pere Escenarios-tesis	Montse Escenarios-tesis
10. Flujo para superficie cerrada como la integral $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$	Escenario 2_P: hemisferio T7. No demostrada A Autoridad (con campo cualquiera) Escenario 3_P: Dipolo T7. No demostrada A Autoridad	Escenario 5_M: Carga puntual T15. sin explicar, no demostrada A Autoridad
11. concepto cualitativo de flujo aplicado a superficies cerradas	Escenario 2_P: hemisferio T8 A visual ejemplo y cuasi lógico matemático Escenario 3_P: Dipolo T8 Macro argumento por el ejemplo , Flujo cero, flujo distinto de cero	Escenario 6_M: Dipolo Tesis 24. Argumento por Ilustración y cuasi lógico matemático T25. Presenta un caso que apoya la tesis. Argumento de ilustración, y cuasi lógico matemático
12. Define Superficie Gausseana.	Escenario 5_P: Carga puntual Tesis 12: Argumento autoridad	Escenario 5_M: Carga Puntual. T16. Argumento pragmático de sucesión
13. Para el caso de una carga puntual, la esfera es una superficie gaussiana	Escenario 5_P: Carga puntual mímica T13. Argumento ilustración Micro escenario: El cubo Tesis 15 el cubo no es una superficie gausseana.	Escenario 5_M: Carga Puntual. Tesis 17: Argumento por ilustración. Por dibujo y la gestualidad , verificado luego en la resolución matemática
14. La notación vectorial en la ley de Gauss.	Escenario 5_P: Carga puntual Tesis 14: A cuasi lógico matemático	Escenario 5_M: Carga Puntual. T18: Argumento pragmático $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} \neq \phi_E = \int E \cdot dA$
15. Aplicación de la expresión del flujo en superficie cerrada	Escenario 5_P: Carga puntual. T16: A cuasi lógico matemático por deducción matemática	Escenario 5_M: Carga Puntual. T19 Cuasi lógico matemático por deducción matemática
16. Enunciado de la ley de Gauss $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{neta}}{\epsilon_0}$	Escenario 3_P: Dipolo T9. Argumento autoridad T9. A pragmático, T9. A ejemplo	Escenario 5_M: Carga Puntual. T20: Por citación de Autoridad T21, T26 ejemplos por deducción matemática
17. Ejemplo de que el flujo es proporcional a la carga encerrada	(implícito)	Escenario 6_M: Dipolo. Macro Argumento del Ejemplo T21 y T26: flujo cero, Argumentos por deducción matemática T22: flujo negativo, T23: flujo positivo. T22 y T23: Argumento por Ilustración y cuasi lógico matemático

Fuente: Elaboración propia

9.2.5 Comparando los escenarios utilizados en la historia de flujo y ley de Gauss.

En relación a los escenarios utilizados por los profesores para la construcción de significados en la historia de flujo eléctrico y ley de Gauss se encontró:

➤ **En la construcción de la historia del flujo:**

- *los tres profesores utilizan el escenario del plano, pero de maneras diferentes.*
Pere realiza un solo escenario con cuatro dibujos en secuencia muy bien desarrollados. **Montse** utiliza dos dibujos en secuencia, y los combina con la representación con el folio sobre ellos, para construir el escenario. **Laura** lo separa en tres escenarios, presentando el concepto con un dibujo del plano con texto escrito para las definiciones, luego realiza la representación en el aula con la carpeta y finalmente realiza cuatro dibujos en secuencia que, combinado con la representación con la carpeta completan la historia explicativa de Laura.
- **Pere y Montse utilizan la analogía del río** con orden, escenarios y propósitos diferentes. Montse como apertura a la definición de flujo, y Pere como cierre de la parte teórica. El escenario de Pere es un dibujo que se compara con el escenario anterior del dipolo; y Montse utiliza dos representaciones otorgándole un tiempo importante, para preparar así a la audiencia. En la tabla 9.5
- Para la definición matemática general del flujo, con la superficie amorfa **Pere** utiliza una figura no plana pero geométrica, **Montse** y **Laura** utilizan una superficie amorfa, además Laura le agrega que el campo no es uniforme.
- En los escenarios con objeto. **Montse utiliza un folio sobre el dibujo** de la pizarra como el plano, para ayudar a la vista espacial, para construir significados para el vector diferencial de área, y para el ángulo teta que forma respecto a las líneas de campo. **Laura utiliza la carpeta en el aula** en dos ocasiones, en la primera para construir significados de: el plano de forma espacial, del concepto de flujo cualitativo y las líneas de campo, del vector área y la cara externa de la carpeta; y luego para indicar los ejes de coordenadas en la transformación del dibujo en la pizarra de la vista espacial a la del plano.

➤ **Montse y Pere la historia a partir del flujo hasta la ley de Gauss y su aplicación:**

- Montse y Pere utilizan los mismos escenarios con orden inverso.
- *El dipolo eléctrico.* **Pere** saca el mayor provecho de los dibujos. En este caso el dipolo, a) lo utiliza para conectar los conceptos dados anteriormente (vector área, campo genérico para el concepto de flujo genérico) a las entidades relacionadas directamente con el tema: carga eléctrica, líneas de campo eléctrico, campo eléctrico, dando forma al concepto de flujo como flujo eléctrico; b) lo utiliza para introducir características de las líneas de campo eléctrico (que salen de carga positiva y llegan a carga negativa) c) lo utiliza también para introducir **flujo en superficie cerrada** y realizar sobre este dibujo del dipolo con líneas de campo eléctrico, ejemplos cualitativos de “cuando el flujo es cero y cuando el flujo no es cero ¿a qué es igual?”, y d) para enunciar la ley de Gauss. **Montse**, utiliza el dipolo luego de hacer la carga puntual, para mostrarlo como ejemplo de aplicación de la ley de Gauss, y del flujo cualitativo al igual que Pere, pero Montse lo utiliza también para darle significado al termino de carga neta en la ley de Gauss, y aplica el cálculo de la carga neta para varias gausseanas sobre el dipolo cualitativo y cuantitativo a través de la expresión matemática.
- *La carga puntual.* **Pere** la utiliza para construir la entidad de “superficie gausseana”, creando diferencias, y presentar el procedimiento matemático para utilizar la ley de Gauss. **Montse** como ejemplo de **flujo en superficie cerrada**, para consolidar el significado de superficie gausseana, presentar el procedimiento matemático al igual que Pere, para encontrar el valor del flujo, para luego generalizar este resultado y enunciar la ley de Gauss.

En la tabla 9.5 se muestra un resumen de los escenarios utilizados para la construcción de la historia explicativa de flujo y ley de Gauss, para los tres profesores.

Tabla 9.5. Escenarios en la construcción de la historia

Pere	Historia: Flujo eléctrico y ley de Gauss	Escenario
PERE El dibujo como centro de la explicación	El sistema plano y la primera definición.	1P-Plano- LCE Dibujo Plano inclinado en secuencia
	El vector área - sistema Plano - Flujo, vector campo, vector área, ángulo en varios casos	
	La expresión matemática	2P-Semiesfera (No plana)
	El flujo en superficie cerrada	3P-Dipolo- Semiesfera
	La expresión de la ley de Gauss	4P-Dipolo
	Cierre: anécdota de Gauss- analogía	5P-Piscina
	Superficie Gausseana -Aplicación ley de Gauss - Ángulo entre vector campo y vector área en varios casos	6P-Carga Puntual -esfera-cubo
Montse	Historia: Flujo eléctrico y ley de Gauss	Escenarios
MONTSE Destaca la gestualidad narrativa y la representación con objetos	Introduce flujo como flujo de fluidos.	1M-Almorzar la orilla del río, 2M-Medir el flujo en dos ríos
	Un aro imaginario y dos ríos	
	El vector área - expresión matemática del flujo	3M-Plano -Folio sobre dibujo y manos -Plano inclinado
	Flujo, V. campo, V. área, ángulo en varios casos	
	Flujo superficie irregular	4M-Superficie amorfa
	Superficie Gausseana-superficie abierta-cerrada	
	Aplicación de Flujo - Enuncia la ley De Gauss	5M-Carga Puntual
	Superficie gaussiana y la ley de Gauss	6M-Dipolo
Laura	Historia: Flujo eléctrico	Escenarios
LAURA Con énfasis en la vista espacial y el pase de 3d a 2d, detallada al escribir, usar la nomenclatura, y al graficar.	Premisas anticipadas y el plano.	1L-Plano
	El flujo cualitativo - vectores campo y superficie	2L-Líneas imaginarias de campo eléctrico atravesando el aula y la carpeta-el plano
	Producto escalar- Plano en vista espacial- flujo, Ángulo entre campo y V. área en varios casos	
	Explica procedimiento de pase 3d a 2d del plano	3L-Plano inclinado en secuencia
	Flujo, V. campo, V. área, ángulo en varios casos	2L-Dibujo y carpeta
	Campo no uniforme y superficie curva	4L-Superficie amorfa

Fuente: Elaboración propia

Otra forma de presentarlos de manera comparada, es haciendo uso de los esquemas de escenarios en la historia de los profesores, obtenidas en el capítulo 8, en las tablas siguientes:

Historia: <i>flujo y ley de Gauss</i>	Pere	Montse	Laura
Escenarios / premisas	Tabla 8.12a)	Tabla 8.30a)	
Escenario y episodios	Tabla 8.12b)	Tabla 8.30b)	Tabla 8.45

Con las tablas 8.12b, 8.30b y 8.45 de Pere, Montse y Laura respectivamente se construyó un esquema como referencia con las tres historias mostrado en la tabla 9.6 (para una mayor claridad en los esquemas individuales referirse a las tablas antes mencionadas).

En la tabla 9.6 se muestran los escenarios de los tres profesores utilizando bloques grandes de color azul (el azul oscuro representa el uso del dibujo en la pizarra y el azul claro el modo de representación usando objetos), acompañados con un resumen descriptivo: tiempo en episodios, numero de escenarios.

- El tiempo dedicado al concepto de flujo en el sistema plano. Se observó que **Montse y Pere utilizan el mismo tiempo en el escenario del plano para construir la definición del flujo**, la diferencia es la apertura realizada por Montse. **Laura** utiliza más tiempo, casi el doble de Pere y Montse, junto con otros escenarios para construir el concepto de flujo eléctrico; se recuerda que Laura dedica cuarenta minutos adicionales realizando ejemplos de flujo, antes de llegar a expresar la ley de Gauss.
- En la interacción entre los escenarios, marcado con flechas curvas. **Pere** trabaja recordando lo realizado en la pizarra anterior y enlaza los cambios a un nuevo escenario con una pregunta crítica. **Montse** para enlazar con los escenarios crea diferencias; por ejemplo, en la analogía del río crea la controversia con el tiempo, y utiliza dos escenarios cuando construye la entidad de superficie cerrada, para diferenciarla de las superficies abiertas. **Laura** no se observa que retome el escenario anterior, sino en una ocasión para crear un micro escenario en el plano inclinado (indicado con una franja azul claro dentro del bloque azul oscuro) con la representación usando la carpeta y crear una dinámica (señalada con flechas formando un círculo) cuando construye significados para la definición de los ejes coordenados y su rotación en la pizarra para la vista de perfil.

Tabla 9.6. Comparación entre escenarios construidos por los tres profesores

Enlace entre los escenarios construidos por cada profesor		Descripción
PERE	<p>Ley de Gauss y Flujo Eléctrico - Pere</p> <p>Flujo</p> <p>PLANO EN SECUENCIA Argumento por Ilustración</p> <p>Cantidad escalar que indica cuántas LCE atraviesan superficie</p> <p>Flujo como producto escalar</p> <p>¿Cómo lo expresamos matemáticamente?</p> <p>¿Qué tal si esa superficie no tiene esa forma plana?</p> <p>D01-D04</p> <p>D05-D09</p> <p>LCE, VA, Campo C</p> <p>Angulo θ, dA</p> <p>SEMI CASCARÓN ESFÉRICO - Argumento por Ilustración</p> <p>En S cerrada, si las líneas que entran son igual a las que salen el flujo es cero</p> <p>Flujo como integral</p> <p>Flujo en superficie cerrada.</p> <p>¿Si el flujo no es cero a qué es igual?</p> <p>D10-D13</p> <p>D15-D16</p> <p>LCE, dA, θ</p> <p>Sup. Abierta, sup. cerrada</p> <p>DIPOLLO Argumento por Ilustración</p> <p>Vamos a hablar de la Ley de Gauss</p> <p>Si el flujo es cero no hay carga neta</p> <p>Ley de Gauss</p> <p>Flujo cero o distinto de cero en sup. cerrada</p> <p>LG establece que las cargas eléctricas son fuente de campo.</p> <p>D14, D17-D20</p> <p>D21-D22</p> <p>CE, LCE, sup. Cerrada,</p> <p>Ley de Gauss,</p> <p>PISCINA Argumento por Ilustración</p> <p>Gauss se valió de herramientas matemáticas usadas en otras áreas de conocimiento para establecer esta ley</p> <p>¿a qué suena más el flujo, a campo eléctrico o agua?</p> <p>La carga es una fuente de campo eléctrico</p> <p>D23-D25</p> <p>Flujo de fluidos,</p> <p>Fuente, sumidero, Faraday</p> <p>CAMPO DEBIDO A CARGA PUNTUAL Argumento por Ejemplo</p> <p>La esfera como SG.</p> <p>¿Y si escojo una superficie que no sea gaussiana?</p> <p>Yo soy la carga</p> <p>El Cubo la carga en el aula</p> <p>D01-D07</p> <p>D08-D13</p> <p>LCE, dA, θ, Q, Área de esfera, ley de Coulomb</p> <p>Superficie gaussiana, RP, producto escalar</p>	<p>Episodios: 38 Escenarios 5</p> <p>Flujo: 16, Ley Gauss: 25 Plano: 9</p> <p>Pere trabaja recordando lo dado en el escenario anterior.</p> <p>Crea los enlaces con una pregunta crítica</p>
	<p>Ley de Gauss y Flujo Eléctrico-Montse</p> <p>Flujo</p> <p>APERTURA AL FLUJO: Un Río → Dos Ríos</p> <p>¿Qué es el flujo?</p> <p>¿Cómo se mide?</p> <p>Intervención espontánea de los Estudiantes</p> <p>D01-D07</p> <p>De lo cotidiano, área, tiempo</p> <p>Flujo de fluido y flujo de campo electrostático</p> <p>PLANO LCE PLANO INCLINADO</p> <p># LCE que atraviesan la superficie</p> <p>Flujo como integral</p> <p>D08-D15</p> <p>LCE, dA, Angulo θ, dA</p> <p>Integral producto escalar</p> <p>EdAcosθ</p> <p>Superficie No Plana-amorfa</p> <p>El Flujo es la suma del producto en cada trocito</p> <p>Flujo en superficie cerrada</p> <p>D16-D17</p> <p>D18-D20</p> <p>vector área, la integral</p> <p>Sup. Abierta, sup. Cerrada, SG</p> <p>CAMPO DE UNA CARGA PUNTUAL</p> <p>La esfera como SG producto escalar.</p> <p>Ley de Gauss</p> <p>D21-D26</p> <p>Ley de coulomb, SG, LCE, dA, θ, producto escalar.</p> <p>Q neta, Ley de Gauss</p> <p>DIPOLLO</p> <p>Flujo cero, positivo, negativo</p> <p>Estudiantes intervienen en</p> <p>D26-D30</p> <p>Q neta, Ley de Gauss, Fuente, sumidero</p>	<p>Episodios: 30 Escenarios 5</p> <p>Flujo: 20, Ley Gauss: 15 Plano: 15 *</p> <p>*: Igual a Pere, si se resta la apertura con el río.</p> <p>Enlaces: crea diferencias, o ejemplifica. Ej. en sup. cerrada utiliza los dos escenarios. para diferenciar con sup. abierta</p>
	<p>Flujo Eléctrico-Laura</p> <p>APERTURA AL FLUJO:</p> <p>Flujo magnitud escalar, proporcional al #LCE que atraviesan una superficie</p> <p>D01-D02</p> <p>Ec, Maxwell, Ley Gauss, LCE, CE</p> <p>PLANO LCE Dibujo en Pizarra</p> <p># LCE que atraviesan la superficie</p> <p>Flujo como producto escalar E.A</p> <p>D03-D06</p> <p>CE uniforme, LCE. Símbolo gráfico-matemático: recuadro perpendicular</p> <p>Vector superficie, A, Angulo θ cte.</p> <p>Flujo y campo magnético,</p> <p>PLANO LCE La Carpeta en movimiento y LCE en el aula</p> <p>¿qué ocurre con el #LCE a través de la superficie?</p> <p>¿cuánto vale el flujo?</p> <p>¿hacia dónde apunta el vector superficie?</p> <p>¿qué ángulo forma la superficie con las LCE?</p> <p>D07-D12</p> <p>vector área, LCE, ángulo, CE, producto escalar</p> <p>Cara externa (X), Flujo cero, flujo máximo</p> <p>PLANO INCLINADO Secuencia de dibujos</p> <p>El plano visto desde arriba</p> <p>¿cuánto vale el ángulo entre el vector superficie y el campo?</p> <p>¿cuál eje veríamos?</p> <p>¿qué ocurre cuando estoy girando el plano?</p> <p>D13-D17</p> <p>D18</p> <p>Simbología gráfico-matemática: ojo, ejes coordenados, giro, Vista espacial, rotación de ejes.</p> <p>Flujo cero, flujo máximo</p> <p>Superficie No Plana-amorfa</p> <p>Flujo es la suma del producto en cada trocito</p> <p>Flujo como integral. Flujo cero, positivo, negativo</p> <p>D18-D23</p> <p>CE no uniforme, superficie no plana, superficie cerrada</p> <p>Unidades SI, relaciones matemática y para calcular: flujo cero, positivo, negativo</p>	<p>Episodios: 23 Escenarios 3 (plano dos veces, amorfa)</p> <p>Flujo: 23 (básico) Plano: 17 (aproximadamente el doble de Pere y Montse). No se observa que retome escenario anterior. En el plano, se observa el ciclo, indicando la repetición y la dinámica de preguntas interactuando con los estudiantes.</p>

Fuente: Elaboración propia

9.2.6 La preparación y la comunión con la audiencia

Los profesores a lo largo de su experiencia personal y docente van acumulando conocimiento sobre los estudiantes, sus valores y jerarquías, este conocimiento les ayuda en la selección de herramientas argumentativas a usar, especialmente los puntos de partida de la explicación, para lograr la atención a sus explicaciones verbales. Se han analizado situaciones (ruido, cansancio) en las que los alumnos no estaban dispuestos a prestar atención, sin embargo, los profesores utilizaron recursos (sentido del humor, el humor negro, onomatopeya, el silencio, la voz) para alcanzar el compromiso de atención por parte de los estudiantes y reiniciar el proceso reflexivo de la explicación. El discurso del profesor no sólo se construye a través de la incorporación del conocimiento científico al contexto educativo específico, sino de verificar si el público “recibe” las ideas de su discurso. Es esta continua búsqueda del acuerdo (la comunión con la audiencia), y la confirmación de la atención del estudiante, lo que guía el discurso del profesor, a través del feedback por el contacto visual, o con el uso de la repetición y la pregunta retórica.

Esta categoría se mezcla y complementa con la multimodalidad, para mostrar *cómo se presenta personalmente el profesor* ante su audiencia, a partir de su habla, así como, de forma indirecta, a través de sus desplazamientos dentro del aula, su movimiento con el cuerpo, con sus manos, con sus expresiones faciales, etc. Sus actuaciones delante de su clase, como profesor, ayudaran a inferir también *cómo se muestra como profesor ante sus estudiantes*, cómo reacciona ante su auditorio y cómo interacciona con sus alumnos

A continuación, se presentan algunas características observadas en los profesores, que incluyen algunos de los aspectos como: a) la forma de hablar, b) distancia social c) sentido del humor, seguridad, d) si acepta correcciones, etc.; que los caracterizan y dan indicios de cómo realizan la preparación de la audiencia y la búsqueda de la comunión. En la forma de hablar se describe a cada profesor según su modo de hablar: el tono, la velocidad del habla y el uso de los tiempos verbales, que caracterizan el discurso del profesor durante sus explicaciones. La intención de este apartado es aportar características al lector sobre el hablar y los movimientos más resaltantes que darán una imagen del profesor.

9.2.6.1 *Cómo se presenta Pere:*

➤ **El tono de voz del profesor Pere.**

- Pere se destaca, por tener un tono grave con un habla más bien calmada, con pausas, y realiza silencios deliberados entre sus explicaciones. Se puede interpretar, estas pausas deliberadas como una forma de regular la clase, dando tiempo a los alumnos, para que tomen nota, hagan preguntas o analicen lo que el profesor acaba de decir, y preguntar si hay dudas. Muestra interés a interactuar con sus alumnos, les hace preguntas de las que espera respuestas y las toma para su discurso.
- Se dirige al alumnado mayormente usando la segunda persona del singular: -“fíjate que, si tú tienes..”
- Además, utiliza también la primera persona del plural – “vamos a..., nosotros”. Cuando presenta ilustraciones inicia con la tercera del plural: - “imagínense”.
- En el segmento de flujo eléctrico, cuando inicia la explicación de flujo eléctrico, se observa en el episodio D01_P **el uso alternativo del “ustedes y nosotros”**. Pere: Flujo (...) ...es una cantidad escalar que nos indica cuantas líneas de campo atraviesen una superficie... entonces imagínense ustedes que tenemos... (y comienza la ilustración dibujando en la pizarra)

➤ **La alternancia de Pere en el uso del *tu*, *ustedes*, con el *nosotros* en su discurso y preguntar a audiencia le acerca a sus estudiantes.**

- En el episodio D03_P se observa el uso del “Tu y yo”: Pere: ¿Qué tal? Si yo agarro e inclino este plano de la siguiente manera. (dibuja en silencio) ... **Fíjate** que ahora son (señala con la mano) ... menos líneas de campo que cruzan esta región... ¿Cómo expresamos **nosotros** esto, matemáticamente?
- En este último episodio, Pere utiliza a) la primera persona del singular, para llamar la atención del alumnado y dar presencia física y movimiento, al sistema que está explicando, b) la segunda del singular para dar un sentido de cercanía con el estudiante, y en esa posición hacer el llamado de atención, como si dijera: ¡epa!.. Estoy hablando contigo, presta atención). y c) la segunda del plural: ¿Cómo expresamos nosotros...?, para hacer un llamado al análisis en conjunto, buscando la comunión del grupo...a pensar en grupo.

Pere se presenta cercano a los estudiantes, al expresarse usando alternativamente el uso del *tú*, *ustedes*, con el *nosotros* en su discurso y preguntar a audiencia.

- **Pere**, en su habla alterna el verbo en segunda persona singular con el trato de *tu* a sus estudiantes, que muestra que hay proximidad, con el *ustedes* en tercera persona plural, que queda más distante, y con *nosotros*, para integrar todo el grupo en la construcción de conocimiento.
- **Pere pide aceptación a lo que está representando gestualmente o presentando en el dibujo con la pregunta (¿cierto?, ¿okey?).** En el ejemplo del cubo [E08_P] **Pere** además de mostrar cómo se dirige a los estudiantes, y se ve cómo **pide aceptación o pregunta** directamente a sus alumnos, y va detallando su forma de razonar acercándola al entorno de los alumnos (cubo=la sala de clase; brazos marcando dirección de líneas).
- **Al interpretar la distancia social de Pere**, se puede decir que quizás se esfuerza más que las profesoras por mantener la distancia en clases. Esto debido quizás a su juventud, y a su gran cercanía al estudiante; observado en la forma como estructura sus sesiones de clases donde cede una sesión de clases para los estudiantes quienes, en grupos, resuelven en la pizarra (estas son actividades que previamente le ha organizado el profesor Pere).
- **Pere**, que es el profesor más joven, y del cual se conoce que entre clases o después de las clases recibe a los alumnos para resolver sus dudas o ayudarles en la resolución de problemas, en clase se presenta manteniendo una cierta distancia con sus alumnos, puede que, por timidez, o por miedo a perder “su autoridad de profesor” al ser tan joven. Adicionalmente el profesor destaca por una gran afluencia de estudiantes a su consulta en su oficina, motivado bien sea por su forma de dar la clase o quizás por las actividades asignadas que promueven la resolución y verificación de preguntas y problemas del tema de las clases.
- Pere parece distante, sin embargo, es más para marcar a los estudiantes, el cambio de rol en el aula, ya que el **atiende personalmente o en grupo a sus alumnos** cuando se terminan las clases en su oficina. Al finalizar la clase en E13_P, “Son cosas sencillas ¿okey? ¿me entienden?, bueno, vamos a tomarnos un café... y ya venimos ¿qué hora es?”. La investigadora constata que los estudiantes conversan con el profesor y le preguntan fuera de clase y en su oficina, este día, cuando volvió a iniciarse la clase a petición de los estudiantes, cambió lo que tenía programado hacer, por resolución de problemas.

➤ ***El profesor Pere se interesa por las inquietudes de sus estudiantes.***

En las asignaturas de Física, muchos estudiantes de industrial o química que son los que más sufren, se han planteado por qué tienen que ver esta materia si, según su opinión, sólo las necesitan aquellos que van por las áreas de electricidad o mecánica. Se puede asumir que el profesor Pere está sumergido en esta problemática a través de su interacción con los estudiantes, observada en el siguiente ejemplo:

En el episodio final de la historia de **Pere** visto en el capítulo 7. Pere acaba de terminar una parte de la clase, y está dando tiempo para que los estudiantes escriban y luego hacer una pausa entre clases; y mientras tanto aprovecha de introducir una problemática, cuando expresa: “*algunos de ustedes creen que para nada les va a servir esto*” (refiriéndose a la premisa implícita: de que el conocimiento de la física es sólo válido para unas ramas específicas de la ingeniería y no necesario para todas las ramas) Con esta intervención **Pere** deja ver que está en conocimiento de las inquietudes de sus estudiantes y de su intención de orientar y motivar el estudio de la materia.

Pere trata de argumentar colocando como una crítica a la sobre especialización en las universidades a *hay mucha ramificación del conocimiento*. Para argumentar sobre lo importante que es el conocimiento de las bases: “*y las cosas más básicas las estamos echando a un lado, por las cosas más generales.*” Dándole así la importancia de la asignatura básica en la formación de todo ingeniero, sin distingo de especialidad. Y por si no los logra convencer, agrega “pero por otro lado...vamos a ver los cursos de Física uno y Física dos, como un reto para los estudiantes a ver si realmente aprendieron sus cursos de matemática” con el fin de que redirijan su disposición a ver las clases de física; que no vengan predispuesto a que es un problema sino verla “como un reto”.

• ***El profesor Pere acepta correcciones de buena manera.***

En el episodio El profesor Pere inicia la resolución del campo eléctrico generado por un Plano a partir de un elemento de carga más sencillo: un anillo. Pere dibuja el sistema que es un disco, dibuja dentro de él un anillo doble y escribe sobre este anillo la letra “R” para representar el radio de este elemento de carga. Cuando un estudiante interviene: Estudiantes: ¿profesor esa erre que está abajo es la del anillo?, y Pere contesta: “¿esta erre?... (el profesor señala una “R”) si esta erre es la que esta acá..., vamos a llamarla erre pequeña “r”, es

correcto, vamos a cambiar la que esta acá, **¡Gracias!** (corrige y coloca en el dibujo r en vez de R)”.

9.2.6.2 *Cómo se presenta Laura:*

- **El tono de voz de la profesora Montse.**
- La expresión gramatical de la profesora Laura es de tipo principalmente objetiva, tratando de seguir la estructura de cómo presentan los conceptos dados, en los textos universitarios de física y su lenguaje formal. Sin embargo, hay subjetividad en la forma de presentar los sistemas, de darles presencia, y de explicarlos a través de las ilustraciones, buscando que el alumno logre darle significado a su discurso, haciendo énfasis en el proceso de representación del sistema dibujado, y la comprensión de cómo actúan o relacionan las entidades entre sí. Por ejemplo, hace énfasis en la referencia para sistemas tridimensionales y sus vistas en diferentes planos de ese espacio, interactuando con los estudiantes hasta lograr el *feedback* que le indica el grado de comprensión del aula.
- **Laura tiene un manejo de la voz autoritario.** Laura, habla en un tono marcadamente alto, destacando las palabras y a las sílabas si es necesario,
- **Todo lo que escribe o hace, lo habla y lo repite, como si los estudiantes estuvieran “tomando un dictado”.**
- **Cuando Laura baja la guardia es de hablar en extremo rápido, y su tono es más bajo.** Pero cuando se encuentra inmersa en la explicación, su tono es más fuerte, su hablar es continuo, **las palabras son acentuadas con “sus pausas y miradas”, y repite al menos tres veces cada frase. Es un estilo que impone autoridad, respeto.**
- Por lo general, **Laura realiza su explicación en primera persona del plural**, englobando al auditorio: Ejemplos en Flujo: “este subíndice nos va a indicar que **nos estamos** refiriendo al flujo.”, “...**vamos a ver este ángulo**”, “vamos a suponer que tenemos un campo eléctrico “e” uniforme...”; *b)* “**vamos a dibujar nuestro eje ...nuestro x. eje acá... nuestro eje y visto desde arriba... que veríamos nosotros? nuestra espira**”; *c)* sabemos de ..., entonces decimos que, aprendimos a., dijimos...
- La segunda persona del plural también es utilizada por Laura para verificar acuerdos o resaltar conceptos importantes que el alumno no debe olvidar. Ejemplos: **Y por supuesto, ustedes saben que ...**; **fíjense bien**, vamos a pensar un momentico...

- la segunda persona del singular. Esta forma es poco usada, se destaca su uso para llamar la atención del alumnado en general o de algún alumno que ha notado distraído, o medio dormido; y lo leemos en la última parte del discurso: “...okey ... (se gira y señala a un alumno) TU... ¿Cuánto vale el flujo eléctrico creado por este campo eléctrico”.

La acción discursiva del profesor, de expresarse usando la primera persona del plural con el *nosotros* cuando se dirige al auditorio incluyéndose; tiene varias funciones atribuidas, como: *motivar* al alumnado en la acción de encontrar cada significado a lo largo del discurso, otorgar una especie de embestidura de equipo, para crear el *sentido de compromiso*, para que de alguna manera coloquen todo su empeño en llevar la continuidad de la clase, y estén *ubicados* dentro del marco del tema a discutir, *mantener el interés* en cada apartado de su discurso, en fin ***lograr la comunión del auditorio.***

- Se le observa el uso de la primera persona del singular cuando realiza un ejemplo: “- si yo tengo”.
- y la tercera del plural para llamar la atención del alumnado sobre alguna idea: - “acuérdense que... ustedes saben que...”

Laura se presenta como “la maestra”, que muestra una gran preocupación por la comprensión de sus estudiantes, observado en el gran uso de recursos para representar una misma idea, y la alta repetición de ideas; pero a la vez transmite un valor por el cuaderno del estudiante, por el orden al escribir, prácticamente todo lo que dice lo escribe.

- ***Seguridad y confianza en sí misma de la profesora. Laura***

- **Laura se muestra como muy segura, mostrando su confianza en si misma en muchos momentos**, en particular, son interesantes, algunos inicios de sus clases, en los que muestra su seguridad en el *conocimiento* de la materia, como en el capítulo 8, episodio D01-L.
- También se puede ver esta autoridad, seguridad y presencia de la prof. Laura a través de las imágenes del episodio B01-L capítulo 6 en líneas de campo eléctrico, ejemplo 1.

- **Acepta correcciones Laura**

- En el capítulo 6, de carga eléctrica, en el ejemplo de la dos cargas positiva y negativa, los estudiantes le corrigen el sentido de las líneas de campo de la carga negativa, y ella corrige de buena manera y aprovecha la situación, porque saben que están atentos a su explicación.
- **Laura, transmite supervisión de la atención de sus estudiantes, igual que en un colegio.**
- La profesora **Laura** se la ve en su papel de maestra, con control supervisor sobre su audiencia, cuando habla siempre lo hace de cara a sus alumnos, y parece que sigue a todos los alumnos con su mirada, excepto cuando escribe o dibuja en la pizarra, entonces lo hace de espaldas y va describiendo todo lo que escribe o dibuja. Pero su habla y su mirada le dan autoridad y respeto. Su desplazamiento por la tarima no es muy grande, pero con un gran dominio sobre su audiencia, les habla con respeto, y marca el tono de voz que suena como autoritario para destacar aquello que es importante y que han de aprender los alumnos, y lo acompaña encorvando la espalda, o acompasando con la mano, y/o recorriendo con la mirada sobre toda la sala.

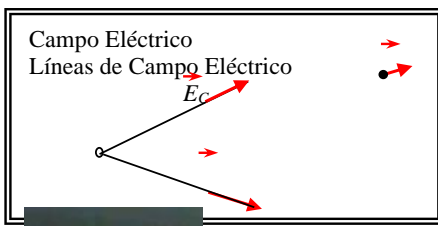
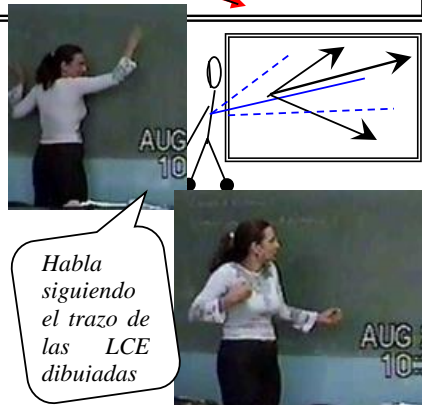
9.2.6.3 *Cómo se presenta Montse:*

- **El tono de voz de la profesora Montse.**
- Su voz es “dulce”, de tono suave y cálido que suena cercana a su audiencia. Todo y que su ritmo de habla suele ser bastante rápido. Destaca por introducir segmentos de humor, con una combinación de gestualidad corpórea (suele mover mucho brazos y manos) y expresión verbal coloquial en determinados momentos, que la hacen conectar muy bien con sus estudiantes. Al caracterizar a Montse se puede decir que:
- tiene un ritmo de hablar más rápido que el de Pere,
- **se dirige al alumnado mayormente usando la primera persona del plural:** “Vamos a hacer un recuento rápido de lo que hicimos ayer”
- usa la segunda persona del plural para ejemplificar: - "**ustedes** habrán, más de una vez, experimentado con cargas eléctricas ...por ejemplo cuando en una secadora uno saca la ropa, ... la carga que uno tiene se va a tierra... uno es un buen conductor ... el cuerpo humano”
- y la tercera persona del plural cuando se refiere a personajes de la antigüedad: -“hablamos de que **antiguos** se dieron cuenta que existía algo”.

• **El sentido de humor de la profesora Montse.**

- **Montse. Se la ve una persona con buen sentido del humor.** Que llega a sus clases con muy buena disposición para hacerlas. En el capítulo 6, episodio A01_M de introducción al tema carga eléctrica, recogemos a **Montse** como, en la primera grabación de sus clases, se prepara en la mesa del profesor para empezar sus y; clases teniendo en cuenta el montaje de la cámara, y con sus alumnos ya preparados, sentados y atentos. Justo antes de iniciar su discurso, se gira hacia la cámara de pronto y le dice: “y después me lo pasas... (*mirando a la investigadora*) ... ¡Quién sabe!, si me llaman a protagonizar una novela (*mirando a los estudiantes*) o una película de Antonio Banderas ... (Estudiantes: ¡risas!)
- En la tabla 9.7, se muestra un episodio, B03_M, **Montse** vuelve a mostrar su sentido del humor cuando está dibujando un campo eléctrico mediante vectores, que llama **flechitas**. En el episodio B03_M, Montse está definiendo líneas de campo eléctrico, y de repente se encuentra dibujando flechas por toda la pizarra. A continuación, el episodio:

Tabla 9.7 Montse: “Una guerra de Gremlis de tantas flechitas”. [B03_M]

Descripción	Recursos: Gestualidad + Dibujo en pizarra
<p>[B03_M] (10:31) si yo tengo otro por aquí (<i>dibuja un punto alejado</i>) si yo voy a dibujar el campo eléctrico, el campo eléctrico va ser un vector que puedo representarlo con una flechita que represente su dirección y sentido, y por aquí, y así por aquí... y por aquí y por ahí...</p> <p>¡en todos lados! yo puedo dibujar un vector que represente el campo eléctrico entonces ustedes imagínense lo que es dibujar el vector campo eléctrico en todo punto del espacio.</p> <p>Eso va a ser una cantidad de flechitas que, inclusive si yo pongo dos puntos muy cercanos ... (<i>dibuja un punto cerca del último dibujado</i>)</p> <p>¿verdad? entonces se van a superponer y voy a tener una <i>flechita</i> montada sobre la otra...</p>	  <p>Habla siguiendo el trazo de las LCE dibujadas</p>
<p>y ¡flechas por todos lados! (<i>engloba con el brazo todo el espacio que rodea a la carga en la pizarra</i>) y de todos tamaños! ... eso va a parecer una “Guerra de Gremlis” (<i>coloca su cuerpo, como lanzando flechas</i>) ... ¡flechas por todos lados!..</p>	

Fuente: Elaboración propia

9.2.6.4 *Cómo se presentan los profesores*

Los profesores participantes del estudio y cuyos quehaceres de enseñanza fueron objeto de esta investigación, se les observa una gran preparación profesional, y con gran interés en la formación de su grupo de estudiantes. Los profesores, muestran una actitud de respeto, educación y cercana afinidad con la audiencia y su problemática. Cada uno con una personalidad diferente, pero con los mismos intereses de formar a profesionales de calidad, se observa en **Laura** cuando les indica cómo deben organizarse al escribir, o resolver sistemas, o en los análisis tan detallados y repetidos hasta lograr la respuesta del aula, supervisando la atención e inculcando con su hacer disciplinado cómo deben comportarse para ser los mejores ingenieros. **Montse** lo hace con un carácter más cercano, pero sin dejar de indagar con preguntas respuestas, para dinamizar los análisis sobre los conceptos que trata con sus estudiantes, y compartiendo la física con ejemplos del cotidiano, **Pere** quizás los observa a sus estudiantes como muy jóvenes que no comprenden la física y que los orienta para que la vean de la mejor manera, con dibujos muy detallados, y simplificando el contenido (trasposición) de manera de no saturar a sus estudiantes, sino con lo necesario; eso sí la atención total en la resolución de ejercicios y les narra o cuenta sobre acontecimientos en la física de forma jovial y cercana.

9.3 Aspectos desde la acción multimodal encontrados en los profesores

Este apartado recopila las características de los profesores, desde la dimensión multimodal y que corresponden a las categorías siguientes:

- La puesta en escena: Recoge a casi todas las categorías, pero se tomarán en cuenta en la puesta en escena, aquellos aspectos del profesor que no son tan contundentes como para contarlos, pero que en cierta manera caracterizan la actuación del profesor, como lo son: la mirada, la disposición corporal, el uso del espacio.
- Modo Gestual
- Modo Verbal (sólo lo categorizado): preguntas críticas y la pausa
- Modo Escritura, incluye los enlaces
- Modo Dibujo
- Modo Representación

9.3.1 La Puesta en escena y la disposición corporal

Esta forma de presentar la secuencia de la historia, ofrece características de cómo se presenta el profesor a través de su movilidad y gestualidad. Se puede recoger elementos para describir la expresividad corporal del profesor, que será la guía para los siguientes apartados según: la mirada, la disposición corporal y el uso del espacio.

9.3.1.1 *La mirada y el contacto visual en el profesor.*

Los tres profesores, se presentan con una disposición corporal y gestualidad diferente, y que dan a su audiencia una primera impresión de cómo los ven como a personas que se ocupan de su docencia. Los tres profesores cuidan mantener la mirada hacia sus estudiantes el mayor tiempo de la explicación. Aunque no es fácil describir una mirada, podría decirse que presentan una mirada firme y franca, no está dirigida hacia un único punto al frente, sino que la mirada se desplaza por el área de los estudiantes.

La mirada de la profesora Montse recorre toda el aula de manera fluida, sin acentos en la mirada y la dirección de la mirada por lo general va acompañada por la dirección del torso. *El profesor Pere*, al igual que Montse tiene una mirada que fluye de manera pausada. *La profesora Laura* es la que más hace uso del contacto visual, su mirada se ha descrito en los anteriores capítulos de análisis como la de “mirada de un faro”, donde el torso se mantiene en su posición mientras la cabeza gira recorriendo el aula, pero de manera dirigida, no sólo recibe el *feedback* sino que su mirada transmite autoridad.

Es importante resaltar que los tres profesores durante sus explicaciones ocuparon gran parte del tiempo con la vista hacia sus estudiantes. Es común observar en nuestra profesión, profesores que centran su mirada en la pizarra, durante la escritura, descuidando la atención a sus estudiantes y dando la espalda por largo tiempo. En los tres casos estudiados, *los profesores están conscientes de la importancia de mantener la atención de sus estudiantes.*

9.3.1.2 La disposición corporal de los profesores

Son las posiciones estáticas que adopta el cuerpo humano, como estar sentados con las piernas cruzadas, abiertas, encima de una mesa, con las manos en la nuca, con el tronco recto y echado un poco hacia delante, etc. En la figura 9.2 se muestran las posiciones más predominantes durante la explicación de cada profesor, donde:



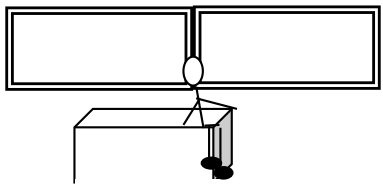
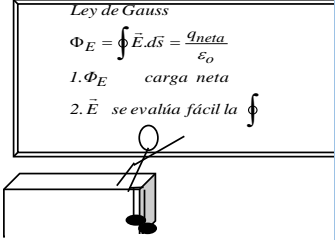
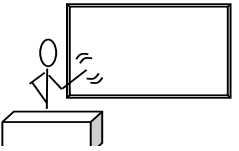
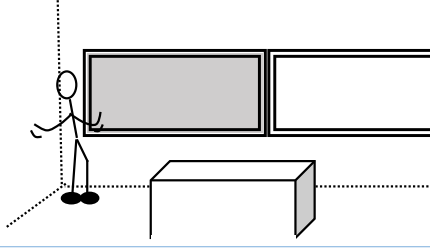
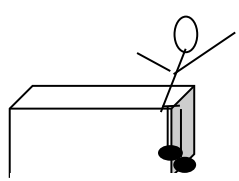
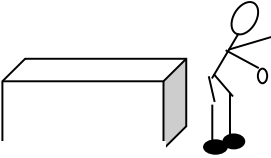
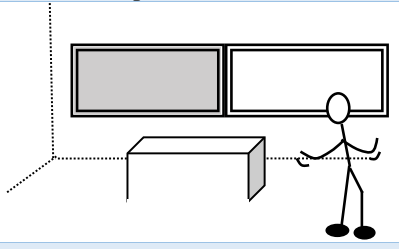
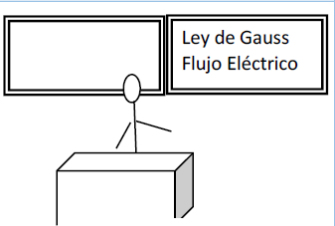
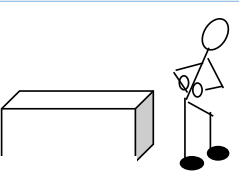
Figura 9.2. Disposición corporal del profesor. Fuente: Elaboración propia

- **Laura**, por lo general se mantiene en un mismo lugar, desde una misma posición. Destaca el movimiento de su cuerpo al hablar sin desplazarse, *inclinando su espalda o su cabeza para dar énfasis a sus palabras*, añadiendo el giro de su cuerpo abarcando con su mirada toda el aula, sobre todo el izquierdo (visto desde el estudiante) que por lo general es el más descuidado por el profesor. Posee una gran gestualidad en su rostro, con el movimiento de sus cejas, los movimientos pronunciados de la boca al hablar, manteniendo la mayoría del tiempo la mirada al alumnado, con inclinaciones de cabeza que enfatizan aún más la mirada y las palabras.
- **Pere**, se mantiene de pie en el centro con las manos al frente durante su explicación, es de movimientos más bien pausado. Sin embargo, parece ser una actitud adoptada como estrategia para la enseñanza, porque se observó grandes desplazamientos y gestualidad en la resolución del ejemplo de la carga puntual y el concepto de la superficie Gausseana.
- **Montse**, se suele mantener de pie, muy cerca de sus estudiantes, y con los brazos al frente, delante de su cuerpo. Destaca por “hablar” con sus manos, tanto que parece que la acción de su cuerpo antecede sus palabras. Pero hay una integración

completa entre la disposición de su cuerpo, sus gestos y sus palabras. Suele iniciar una explicación a través de su cuerpo, luego la acompaña del habla. Todas las palabras están acompañadas de sus gestos, desplazándose todo el tiempo sin descuidar la atención de los estudiantes.

En la tabla 9.8 se muestran esquemas que representan algunas de las posiciones más comunes observadas en los tres profesores, identificando a los profesores con la inicial de su nombre entre paréntesis.

Tabla 9.8. Algunas colocaciones de los profesores observadas en el aula

	a	b	c
			
1	Sentada erguida descansando sobre un brazo. (L)	En el cierre de la explicación. Sentada erguida señalando la pizarra. (L)	Mirando al frente y señalando hacia la pizarra
			
2	Ubicada de pie en la esquina de la Pared con la pizarra, esperando al final de la escritura en pizarra. (M)(P)	Sentada, inclinada hacia adelante, con los brazos al frente. (L)	Inclinada hacia adelante, con los brazos al frente. (L)
			
3	Delante cerca de la puerta, para iniciar la discusión del tema (M) o en una dinámica. (P en el cubo)	Erguido detrás del escritorio para iniciar la explicación, brazos (P)	Inclinada hacia adelante, con los brazos en jarras. (L)

Fuente: Elaboración propia

9.3.1.3 *Uso que hace el Profesor del espacio para desplazarse.*

El profesor en el aula, presenta un espacio reducido para desplazarse, en la figura 9.3 a) se observa el esquema del aula. El aula usada por los profesores es la misma, diseñada para albergar 80 estudiantes, el espacio del profesor está restringido a una tarima rectangular donde se encuentra el escritorio y se ubican las dos pizarras. En las observaciones de las explicaciones, se logró caracterizar los desplazamientos de los profesores, siguiendo las definiciones y descripciones dados en el capítulo de categorización, y que para los profesores de estudio se presentan en forma de esquema en la figura 9.3.b).

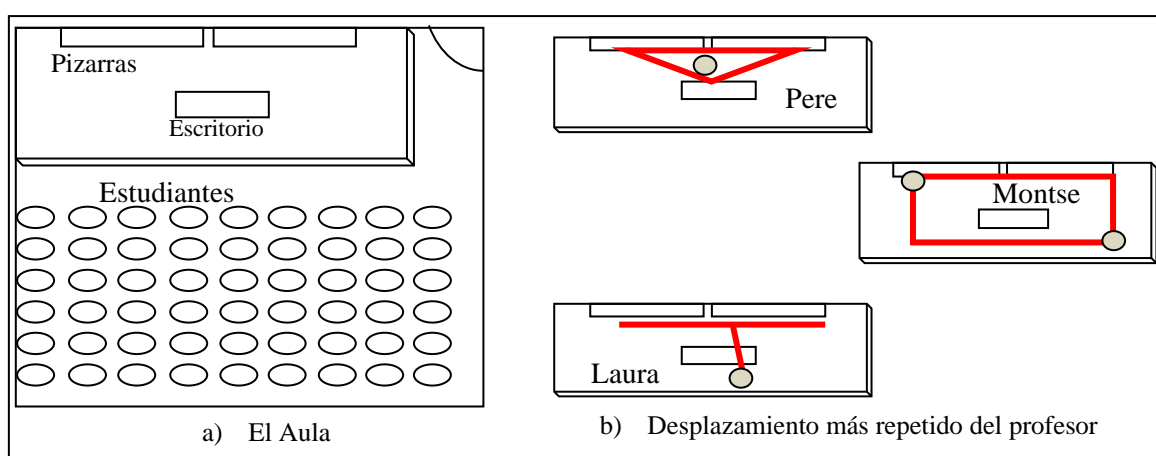


Figura 9.3. Disposición del Aula y Desplazamiento de los profesores.

El espacio delante del escritorio del profesor y en la parte central delantera del aula puede describirse como el espacio de autoridad donde el profesor se coloca para llevar a cabo la enseñanza formal, así como proporcionar instrucciones para facilitar la lección. Este sería el tipo que caracterizaría a la profesora Laura.

Laura: Su desplazamiento es pausado, logra abarcar toda la zona rectangular disponible (ver figura 9.4), aunque el desplazamiento que predomina es una zona en T, a lo largo de las pizarras, y luego al centro bien sea para apoyarse en una esquina del escritorio, o para colocarse delante del escritorio para llamar la atención en un aspecto; donde muestra una imagen en un libro o realiza representaciones. Sumando la postura y el desplazamiento la profesora Laura se caracterizaría en la gestualidad corporal de autoridad.



Figura 9.4. Ejemplo de desplazamiento de Laura.

El espacio interaccional es realizado por el profesor cuando realiza un acercamiento al espacio de los estudiantes. En las clases magistrales universitarias, el espacio es reducido a un rectángulo con un lado la pizarra y el opuesto lo más cercano al espacio de los estudiantes, por lo que el criterio con intención interaccional aquí va a ser la posición que busca ser más cercana al estudiante. En este caso entraría la profesora Montse.

Montse: Su desplazamiento es el más amplio de los tres profesores, abarca toda la franja rectangular, disponible de la tarima (de la pared de la pizarra hasta la ubicación de los estudiantes). Su explicación se suele iniciar adelante en una esquina desplazándose hacia la opuesta, luego al centro, mirando a los alumnos. Cuando trabaja sobre las pizarras, se mantiene allí, por lo general es el momento en que no dirige la vista al alumnado. Cuando trabaja con objetos, lo realiza sobre el escritorio, sobre la pizarra o al frente lo más cercano a sus estudiantes. Cuando termina el trabajo en la pizarra, con el desarrollo del problema, se ubica en una esquina al lado de las pizarras en espera de alguna pregunta.

El espacio detrás del escritorio del profesor puede describirse como el espacio personal donde el profesor organiza y se prepara para la siguiente etapa de la lección. Sin embargo, el mismo espacio puede transformarse en un espacio autoritario cuando el profesor comienza a enseñar desde detrás del escritorio del profesor. Este es el caso que más describe al profesor Pere.

Pere se presenta manteniendo una cierta distancia con sus alumnos. Pere crea distancia durante la explicación, quizás para imponer un poco de respeto debido a su juventud y su rol de compañero atendiendo consultas en los pasillos o en su oficina, marcando el cambio de rol a profesor. El profesor Pere al inicio de clases organiza sus libros en el escritorio y se prepara para iniciar la clase, iniciándola por lo general detrás del escritorio, su postura trata de ser formal, tratando de imponer una distancia para indicar que ha comenzado la clase.

Durante las explicaciones utiliza el escritorio como un podio dedicando mayor tiempo allí en ese espacio autoritario, indicando un sentido de distancia profesional con sus alumnos. Su desplazamiento abarca una zona triangular. Va a lo largo de las pizarras, y luego se dirige al centro hacia el escritorio, justo detrás y continúa su explicación desde allí. Sin embargo, en otros momentos, se observa próximo y preocupado por sus alumnos.

Los tres profesores pueden caracterizar su función didáctica dentro del normal espacio de autoridad por su desplazamiento y disposición corporal mientras realizan sus explicaciones dentro de su espacio limitado de acción. Sin embargo, la relación de autoridad del profesor es mitigada mediante el desplazamiento y posicionamiento en frente del aula. **Laura** construye una relación interpersonal formal y profesional con los estudiantes usando pocos movimientos de distracción y dentro del espacio autoritario colocándose apoyada en el escritorio. **Pere**, aunque su posicionamiento es formal, ya que crea distancia colocándose detrás del escritorio; realiza movimientos abiertos en su gestualidad y tiene desplazamientos en diagonal hacia el escritorio que muestra una relación más cercana con los estudiantes. **Montse**, se despliega abarcando al máximo el espacio disponible en la clase y junto a su postura de alta gesticulación crea una atmosfera más cercana al estudiantado.

9.3.2 Modo Verbal

A continuación, se presenta lo más destacado del modo verbal en los tres profesores.

- **Laura** destaca por el juego con las preguntas (*Laura no olvida*) si al realizar una pregunta no consigue el *feedback* **PF** que espera, lo intenta cambiando o agregando algo en la explicación, para introducir una pregunta guía **PG** (más sencilla de responder, pero dirigida hacia la **PF** inicial) que devuelva el ánimo para retomar y llegar a la respuesta. Se observó que en ese intento cambio de escenario

tres veces y repitió de diferentes formas las ideas hasta que encontró la respuesta **PR** de los estudiantes.

- **Pere** destaca por el uso de la pausa y la pregunta retórica interactiva Utiliza la pregunta retórica interactiva sin esperar respuesta **Pr**, para hacer pensar a los estudiantes, ¿Qué pasa si...? para realizar enlaces entre ideas, y llevar el guion de la clase (hilo de la historia). Utiliza la pregunta retórica sólo para percibir el *feedback* y dar oportunidad que intervengan si hay dudas ¿cierto? ¿okey?
- **Montse** provoca la interacción de los estudiantes. Inicia con la **Pr** que provoca interacción buscando crear controversia, generando participación: ¿cómo medimos el flujo? ¿cómo hacemos esto? Y se apoya en la representación para crear las dinámicas de pregunta respuesta **PR** o más bien de intervención espontánea y desordenada de los alumnos, que le indica su atención y comprensión.

En la tabla 9.9 se presenta el resumen de la caracterización en el modo verbal para los tres profesores ya descrito anteriormente.

Tabla 9.9. Resultados modo Verbal: Pregunta crítica y Pausa.

COMBINACION DE MODO VERBAL			
	Pere	Montse	Laura
Verbal	<p>se destaca la pausa del inicio de clases, y la pregunta retórica que anticipa la próxima acción, o el cambio de escenario. Y para añadir un poco de dramatismo, a la representación gestual o mímica en “yo soy la carga” y “el cubo”</p> <p>Utiliza la pregunta retórica Pr interactiva, para realizar enlaces entre ideas, y llevar el guion de la clase (hilo de la historia), ¿Qué pasa si...? Utiliza la pregunta retórica simple Pr, para dar oportunidad que intervengan si hay dudas ¿cierto? ¿okey?</p>	<p>Utiliza la pregunta retórica Pr para recibir feedback</p> <p>utiliza la Pr que provoque interacción buscando crear controversia, generando participación ¿cómo medimos el flujo? ¿cómo hacemos esto? Y se apoya en la representación para crear las dinámicas de pregunta respuesta PR o más bien de intervención espontánea y desordenada de los alumnos.</p>	<p>Pr Utiliza la pregunta retórica (Pr) para guiar el orden de la explicación o de feedback ¿me entienden? ¿okey</p> <p>PR PF PG Usa la pregunta interactiva, que se convierte en PR si logra respuesta, PF si no la obtiene, para lo que construye preguntas PG guía para construir significados en conjunto a la audiencia hasta llegar a la respuesta deseada</p>

Fuente: Elaboración propia

9.3.3 Modo Gestual.

En la tabla 9.10 se resumen los gestos que acompañaron el discurso de los profesores, se observó que:

- **Gestos narrativo y onomatopéyico GN, GNo.:** se destacaron las profesoras Laura y Montse. Es la característica central de Montse. Todo lo representa o materializa de alguna manera soportada en una gestualidad narrativa que dibuja en el aire las entidades. Ej. el primer escenario de dos ríos (D01-D09), destaca la representación, la gestualidad con onomatopeyas y la interacción con preguntas retóricas y preguntas con respuesta. Laura lo hizo con la carpeta, para presentar concepto de flujo, pero se observó un objetivo de abstracción geométrica para mostrar a los estudiantes la rotación de ejes y justificar con los ejes coordenados, el pase de la vista espacial 3d a la 2d. Sin embargo, Pere utilizó esta gestualidad narrativa en la mímica, de la esfera-carga puntual y el cubo, en este caso apuntando y señalando los vectores la ubicación y forma de los elementos imaginarios.
- **Gestos conceptuales**
 - **El gesto apuntador GA:** Los tres profesores utilizan el gesto apuntador, sobre la pizarra para hacer los enlaces entre lo que dicen/hacen con el dibujo/escrito en la pizarra.
 - **El gesto conceptual básico GC:** Se observaron gestos conceptuales en los tres, en orden de menos a más, estarían Pere, Laura y Montse. Se observa mucho el gesto sobre la pizarra con ambas manos como “paréntesis” para resaltar una ecuación o un elemento dibujado.
 - **El gesto beat y facial GF, GB.** Estos gestos fueron observados mayormente en Laura, con un hablar tipo dictado aumentando el tono y marcando la gestualidad en el rostro GF al hablar, cuando da una definición, muchas veces acompañado con un gesto beat o de batuta marcando la acción.

Tabla 9.10. Resultados modo Gestual: Gestos Narrativos y Conceptuales

COMBINACION DE MODO GESTOS			
Gestual	Pere	Montse	Laura
	GN Utiliza el gesto narrativo en la mímica, en este caso apuntando y señalando los vectores la ubicación y forma de los elementos imaginarios	GN, GNo. Es la característica central de Montse. Todo lo representa o materializa de alguna manera soportada en una gestualidad narrativa que dibuja en el aire las entidades.	Tiene una expresión corporal, que da fuerza a su narrativa para la representación, encorva/yergue la espalda, o con los brazos (GN) y predomina el gesto apuntador sobre la pizarra, para señalar y hacer conexiones (GA).
	utiliza el GA gesto apuntador sobre el dibujo. Utilizó el gesto conceptual de “paralelo” con los dedos índice unidos.	GA, GC, GF, GN, GNo. Predomina la gestualidad tipo apuntador sobre la pizarra con el dedo o abrazando tipo corchetes (igual a Pere). Utiliza la gestualidad conceptual, (sumidero, fuente, uno, cuatro) y la gestualidad narrativa para la representación de objetos imaginarios	No es de gran desplazamiento. Sin embargo, presenta rasgos de su estilo. Se observa un gesto marcado (GF) en sus labios al modular para dictar conceptos o resaltar aspectos en la explicación y lo acompaña del gesto tipo batuta (GB), la mirada tipo faro, girando el cuello de un lado a otro, que supervisa al estudiantado

Fuente: Elaboración propia

9.3.4 Modo Escritura

Tang, Tan y Yeo (2011) hacen una buena referencia en el paso de una forma de escritura a otra, creando la relación sinóptica de entidades abstractas de la formulación escrita, es decir *cómo se presentan las partes esenciales de un todo, de manera clara, rápida y sencilla*. El primer nivel de nominalización es cambiar lo dicho verbalmente una frase nominal “Flujo eléctrico” (ET) cuando lo escriben como título en la pizarra, un segundo nivel de abstracción ocurre en el proceso de simbolización de tal manera que el objeto específico ahora se separa y el símbolo “ ϕ_E ” puede usarse para una mayor generalización y abstracción. Finalmente, una vez que cada proceso ha sido nominalizado y simbolizado, se produce un tercer nivel de abstracción en el que los símbolos pueden ser tratados como entidades para una mayor manipulación y operación matemática por la ecuación escrita.

- **La escritura.** Representa la escritura descriptiva, conceptos, enumeraciones de características, etc. Se destacó Laura describiendo y escribiendo todo, es cómo si les deja el modelo a seguir para que copien y puedan repasar luego lo que se dio en la clase. Pere es bastante ordenado, aunque no es su estilo dar definiciones de forma verbal, todo lo representa a través de dibujos y expresión matemática. Laura describe las propiedades usando nomenclatura matemática.
- **Escritura de títulos, etiquetas ET:** Se observó en los tres profesores la colocación del nombre del concepto como título en la pizarra y el uso del subrayado con la función de destacar el concepto o la idea, por lo general es usada al inicio de la presentación del concepto. **La enumeración de temas o ideas con títulos**, en orden de aparición (pasada o futura). En el caso del recuento de lo último dado en la clase anterior, se hace con el objeto de servir de apertura a una clase para reforzar lo visto en la clase pasada. En el caso de conceptos temas nuevos que seguidamente se van a explicar, sirve de guía al estudiante para indicar hacia donde se dirige la explicación. Por lo general ambos se realizan al comienzo de la clase. **Pere** utiliza los títulos de lo dado en la clase anterior y lo que va a dar, para realizar la apertura de la clase recordando lo dado en la clase anterior (capítulo seis, A01_P).
- **Simbología gráfico matemática ES y nomenclatura EN:** Los tres profesores son cuidadosos en la escritura de las variables con su nombre (Ej. ϕ_E), y que corresponda en el dibujo de la misma forma. Utilizan los nombres de las variables de manera correcta. En esta etapa inicial de la carrera, es muy importante hacer énfasis en la escritura correcta vectorial, simbólica y gráfica
- **El desarrollo matemático EM: Los tres profesores**, se presume por su profesión, **son muy cuidadosos en el desarrollo matemático y en la justificación de cada línea desarrollada** hasta llegar a la respuesta. Se puede suponer que es un valor arraigado en los tres y compartido por sus estudiantes, e indican de alguna forma como esperan que se expresen al desarrollar o plantear un problema de aplicación, por ejemplo, en el caso de la ley de Gauss. Para el estudiante de los primeros semestres forma parte de su aprendizaje, de esta “gramática” del ingeniero en el análisis, resolución y presentación de situaciones problemáticas en su contexto.
- **Los enlaces:** Fue una categoría que surgió a partir de los análisis y es repetitiva en todos los profesores. Se observa cuando cambia de modo, del dibujo a la escritura, por ejemplo, que aparece un gesto apuntador que enlaza las variables o la idea. No es sólo a nivel verbal, sino que se acompaña de gestos o representaciones con objetos que enlazan las ideas presentadas en la pizarra. Se destacó el enlace hacia la escritura matemática. Pero es una categoría que es

nueva si se desarrolla un poco más encontrarán más formas de conexión entre los modos que revisten de coherencia a la historia explicativa.

A continuación, en la tabla 9.11 Se presenta lo más destacado en los tres profesores en el modo de escritura.

Tabla 9.11. Resultados modo Escritura -Descriptiva - Matemática y Enlaces

COMBINACION DE MODO ESCRITURA			
Profe	Pere	Montse	Laura
Enlaces	Pere trabaja muy bien con el dibujo, y realiza las conexiones a la pizarra, través del verbo (capítulo seis), el gesto apuntador, y la representación. $V \rightarrow E$ $D \rightarrow EM$, $D1 \rightarrow D2$, $R \rightarrow D$	$D \rightarrow EM$ Los elementos sobre el dibujo se relacionan con la escritura matemática, tienen nombre y se distinguen si son vectores. $R \rightarrow EM$ Relaciona los elementos de las representaciones con el desarrollo matemático, flujo, carga neta.	Hace enlace entre los elementos (dibujo \leftrightarrow representación \leftrightarrow Expresión matemática) a través del gesto, o la pregunta crítica. La pregunta con respuesta (PR) y la representación con el rotulador para dirigir la visión espacial del escenario: indicando la vista, o la dirección del vector área, o el sentido de los ejes de referencia.
	Los tres profesores, son cuidadosos y respetan la escritura vectorial (ES) (identificando cada vector dibujado y coloca la flechita arriba a la variable vectorial). Identifican los vectores con su nombre al dibujarlos concordando con el desarrollo matemático. (coherencia matemática)		
Matemática	Para dar las definiciones del flujo: a) como producto escalar, hace el enlace con el dibujo ($D \rightarrow EM$) b) como integral	EM - Es formal al expresarse matemáticamente.	la pizarra representa el modelo de cómo deben expresarse los estudiantes, de cómo deben ser las notas en su cuaderno y la forma en que deben expresarse para una tarea o evaluación
Escritura	En la escritura sobre la pizarra, se señala el título (ET), y el uso de la nomenclatura y simbología (EN, ES). Pere utiliza los títulos de lo dado en la clase anterior y lo que va a dar, para realizar la apertura de la clase (capítulo seis) y hacer el recuento.	Escribe el título (ET) del tema o del enunciado del problema, utiliza la nomenclatura, (EN) la simbología (ES) ϕE , y es coherente en la escritura gráfica con la matemática. Todos los vectores están identificados correctamente. (E y R) No todo lo escribe, pero si todo lo materializa	Todo queda escrito en la pizarra y es muy disciplinada. Presenta el título del tema, su definición /características y luego su representación con un dibujo. Es formal al expresarse matemáticamente Utiliza escritura del título (ET) para iniciar cada parte. La nomenclatura (EN) y la simbólica (ES). Es muy formal en el uso correcto de la escritura matemática y el dibujo de vectores, presentando la simbología gráfica matemática

Fuente: Elaboración propia

A modo de cierre se tiene:

La explicación verbal, viene acompañada de ciertas acciones, como gesticular o mostrar un dibujo o representación visual, que funcionan como conectores o *enlaces* que contextualizan y vinculan las acciones al concepto (por ejemplo, el flujo y su relación con los tres elementos). Por lo tanto, cierto gesto o imagen se vuelve significativo cuando se dice algo junto con él que lo conecta con otras modalidades.

La relación entre la escritura *descriptiva*, la *nomenclatura*, el uso de los *símbolos matemáticos* gráficos en la pizarra, proporciona una forma reflexiva y sistemática de gestionar la complejidad de las relaciones entre las entidades involucradas en la explicación. El uso de una formulación escrita para unir los significados orienta los procesos hacia la construcción de significados. Así es como el texto escrito sirve como un recurso para relacionar simultáneamente todo el diálogo hablado en un significado intertextual coherente, así como ofrece una contextualización para mediar en un diálogo posterior. **La dificultad en los estudiantes puede ser distinguir los diferentes significados de las expresiones matemáticas.** Es por ello que se observa cómo los profesores en su hacer son detallados en la formulación del problema, dedicando un espacio para presentar a las variables en un dibujo, o una representación; describirlas y luego cuando están en el desarrollo matemático, regresan hacia el dibujo o la representación con objetos, para dar claridad por medio de los *enlaces* que integran el texto escrito, lo verbal, el simbolismo matemático, y el dibujo o representación visual, para contribuir así en la creación de significados en ese proceso de comprensión necesario del sistema que se analiza y que se destaca aún más en la resolución de problemas.

A través de la pizarra, el profesor enseña la forma de la expresión escrita del ingeniero. Se está enseñando al estudiante a cómo expresarse por escrito en física, que a su vez le servirá de base para las demás asignaturas a estudiar ya que abarca: la presentación de conceptos, el alcance de la definición o descripción de un concepto, la formalidad de la expresión de las magnitudes físicas, nomenclatura, simbología, expresión matemática, notación vectorial, unidades en el sistema internacional, resolución de problemas.

Escritura y gráfica en la resolución de problemas se destaca la forma y el orden en que el profesor realiza los razonamientos y los plantea sobre la pizarra a través del dibujo; dando presencia al hacer que identifica a esta comunidad científica. y a la manera en que debe ser colocado al ser escrito en su cuaderno; llevando la acción a ser una forma de presentar “cómo escriben los ingenieros o físicos” dando así relevancia al orden de escritura, la forma correcta de expresarse por escrito en la ingeniería, bien sea en las evaluaciones, en el desarrollo de informes o planteamiento de problemas.

9.3.5 Modo Dibujo

El potencial semiótico del dibujo en la pizarra destaca, del mostrado en un afiche o en el texto que, si bien tiene un carácter estático, solo es una figura; la dinámica dada por el profesor al dirigir su construcción durante su explicación, la reviste de una presencia que viene a ser de gran relevancia en la construcción de significados.


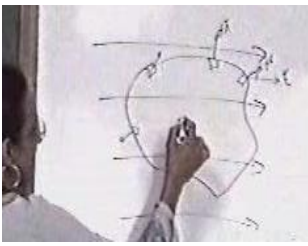

El dibujo una vez terminado define: representaciones de conceptos científicos, una forma de ver el mundo, expresa una idea base terminada, puede informar una definición, clasificación o transformación entre otros; pero al analizarlo dentro del discurso forma una parte del todo, en la construcción de significados que se desea lograr durante la secuencia de la explicación multimodal.

El proceso de realizar el dibujo dentro de la explicación, ya lo hace parte de la retórica de la explicación, buscando la adhesión de la audiencia. Aun un dibujo ya realizado en cursos anteriores, o que aparece en los libros textos, al ser dibujado en el aula por el profesor, adquiere un rol distinto en la enseñanza, dado por la dinámica del orador y la nueva audiencia; ya que su despliegue es mediado con la interacción del profesor frente a sus estudiantes. En el proceso de dibujar, el profesor regula y gestiona el dibujo a utilizar: la selección, el momento de incorporarlo a su discurso, el tiempo, las características a resaltar y las combinaciones multimodales con que lo acompaña. Es todo un proceso retórico-argumentativo derivado de la búsqueda del acuerdo y la adhesión de los estudiantes a las premisas que presenta para la creación de significado científico en su explicación.

En una explicación, el dibujo pasa a representar de manera dinámica las causas y efectos sobre un proceso descrito sobre un sistema, por lo general en tres dimensiones; y sobre tal dibujo que

sirve de base se da inicio al proceso de análisis, definiendo (dibujando, escribiendo el nombre, resaltando con color, zoom, etc.) las variables que intervienen en el concepto a estudiar sobre el sistema. Para lograr eso, los profesores hacen uso de los recursos semióticos, que pueden ser flechas o reformulaciones de lo dibujado: aumento de tamaño, modificación de contorno, colores o inclusión de nuevos elementos en la representación. A continuación, en la tabla 9.12 se muestran ejemplos del desarrollo de dibujos en la pizarra por los tres profesores.

Tabla 9.12 Resultados modo Dibujo

CARACTERÍSTICAS DEL USO DE LA PIZARRA DE LOS TRES PROFESORES			
	PERE	MONTSE	LAURA
			
Orden	Muy organizados en el orden de llenado de las pizarras. Trabaja de izquierda a derecha, al completar una pizarra pasa a la siguiente pizarra. En cada pizarra, trabajan en columnas, llenándolas de izquierda a derecha. Escriben de manera coherente, siguiendo el orden de los contenidos y la forma en la que estos van a ser distribuidos.		
Escritura	Es ordenado, usa letra grande y clara,	Usa letra grande y clara.	Es ordenada, aunque la letra se puede leer a distancia, se distingue que usa una letra más pequeña en las palabras, y letra más grande y clara al escribir variables o ecuaciones.
Colores	Poco, se observa el uso de dos colores en algunos dibujos para resaltar vectores. Resaltan sus dibujos muy bien realizados y aun con solo un color se observan los detalles.	Regular. Usa hasta tres colores para diferenciar vectores de campo eléctrico de diferentes elementos de carga evaluados en un mismo punto	Resaltante el uso continuo de muchos colores sobre los dibujos. Las explicaciones se soportan sobre los dibujos, y sobre los dibujos se destacan las variables a utilizar en sus ecuaciones. Usa los colores, para distinguir variables, sean longitudes, vectores, nomenclatura, etc.
Destaca	Dibujos grandes y bien trazados.	La explicación con objetos sobre el dibujo en la pizarra.	Resalta lo detallado de la información en la pizarra. Escribe TODO lo dicho en la Pizarra, como si fuese el cuaderno del estudiante. enumera, define, describe, etc.

Fuente: Elaboración propia

A partir del análisis de las explicaciones se observó que los tres profesores hicieron uso del dibujo. Es un proceso de hablar/dibujar continuo de los tres profesores, aunque como ya se comentó antes **Pere** resalta con el trazado en la pizarra, con dibujos muy bien realizados, cuidando al máximo los detalles, representando figuras en tres dimensiones que ocupan gran parte de la pizarra. Se observó el uso del dibujo para construir sus explicaciones soportadas en tales dibujos, en los profesores como se describe a continuación:

- **Pere:** destaca en el modo del dibujo junto con la escritura. En la historia del flujo eléctrico realiza **cuatro dibujos bien detallados** (DS1 a DS4) con las expresiones matemáticas a pie de cada dibujo.
- **Montse:** utiliza el dibujo en desarrollo (DD) con el dipolo, agregando elementos a medida que avanza la explicación. Mucho menos elaborado se observó el uso del dibujo en secuencia (DS), lo utiliza más como fondo de la representación con objetos sobre el dibujo. El dibujo es utilizado como soporte en casi todos los escenarios para la construcción de significados
- **Laura:** el dibujo en secuencia (DS) es mucho más elaborado que los anteriores profesores. fue el protagonista para la transformación del dibujo a la vista de planta (construyendo la visión espacial), y formalizar el comportamiento gráfico de los elementos de estudio y los valores matemáticos (flujo, ángulo) asumidos en cada posición del plano. El dibujo lo utiliza como soporte en todos los escenarios para la construcción de significados: el sencillo (D) para mostrar comportamiento entre entidades, el dibujo en desarrollo (DD) agregando elementos a medida que avanza la explicación visto en el capítulo siete en el concepto de las líneas de campo.

En la tabla 9.13 se resume las formas en que se clasificó el dibujo según lo observado a lo largo de las secuencias explicativas, incluyendo algunas que no están incluidas en este informe, y se muestra a continuación:

Tabla 9.13. Tipos de dibujos observados.

Tipos de dibujos observados	Descripción en su aplicación
Un dibujo.	D: Un dibujo sencillo, que ejemplifica a la explicación, es de exposición rápida
	DD: Un dibujo en desarrollo. Representa y acompaña la construcción de la historia explicativa, se va elaborando, agregando elementos.
Dibujos en Secuencia. (dos o más)	El mismo sistema, para presentar y analizar cambio de estado en el tiempo. (comportamiento de conductores en equilibrio electrostático, no mostrado aquí)
	El mismo sistema para presentar y analizar variables, simplificando la vista de 3D a 2D. Ej. La vista de perfil plano
	El mismo sistema para presentar y analizar comportamiento realizando un cambio Ej. (inclinación del plano).
	Sistemas diferentes para presentar, analizar y destacar diferencias (comportamiento de campos uniformes, no uniformes, no mostrado aquí).

Fuente: Elaboración propia

9.3.5.1 Dibujo Sencillo (D):

Este dibujo se presenta de forma completa, para ilustrar un ejemplo o una característica de un concepto, formando parte de una explicación mayor. Los tres profesores iniciaron la definición del vector área, soportados en una superficie plana donde el vector es el mismo a lo largo de la superficie y ahora pretenden mostrar que el vector área puede cambiar a lo largo de una misma superficie.

El dibujo seleccionado por los tres profesores es una superficie no plana, con un objetivo común dentro de la definición del vector área, que es presentar que el vector área puede ser diferente a lo largo de una superficie y continúan con el objetivo de la explicación base que es comparar la direccionalidad del vector área respecto al campo eléctrico. Para ello, el profesor Pere dibuja un campo uniforme y selecciona para la superficie no plana, una forma geométrica conocida por los estudiantes, que es una semiesfera, la profesora Montse dibuja igualmente un campo uniforme y selecciona una figura más general, una figura amorfa no plana. Mientras, la profesora Laura se caracteriza por ser más amplia en sus objetivos, y presenta no solo una superficie no plana, sino que agrega otra característica nueva: un campo no uniforme, característica que no se observó en los otros dos profesores durante la explicación.

Aunque existen diferencias en los dibujos de los tres profesores, en los tres se observa que se describe visualmente una componente de la definición del vector área: su dirección y sentido respecto a la línea de campo. El vector área se representa saliendo y perpendicular de la superficie que representa. Para ilustrar este tipo de dibujo, la figura 9.5 presenta un ejemplo de aplicación para cada profesor del dibujo como soporte en la explicación de la definición del vector área como componente del concepto de flujo eléctrico.

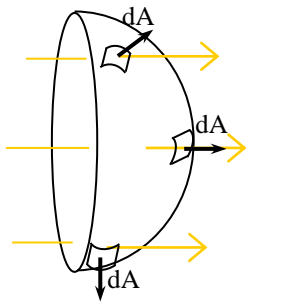
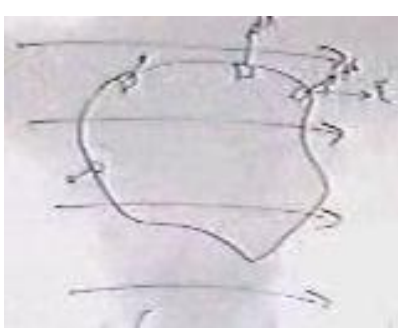
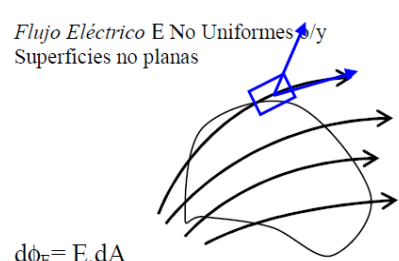
Ejemplo de aplicación del dibujo (D) como soporte en la explicación.		
		<p>Flujo Eléctrico E No Uniformes s/y Superficies no planas</p>  <p>$d\phi_E = E \cdot dA$</p>
Pere	Montse	Laura

Figura 9.5. Dibujo utilizado por los tres profesores, para mostrar el comportamiento variable del vector área a lo largo de una superficie no plana.

9.3.5.2 *Dibujo en Desarrollo (DD):*

La Explicación soportada en la construcción de un Dibujo. Este tipo de dibujo se caracteriza por que el profesor no lo realiza de manera continua, sino que los elementos del dibujo van *apareciendo* a medida que avanza la explicación. El proceso de construcción del dibujo acompaña en todo momento a la explicación, comportándose como el foco de atención o soporte principal en la explicación, un ejemplo lo da Laura en el capítulo siete, cuando da la definición de las líneas de campo. Montse y Pere lo utilizan con el dipolo que, haciendo paréntesis, este escenario es útil, en paralelo con el sistema análogo del Imán, en la introducción del tema de magnetismo, para realizar una rápida actualización de conocimientos y facilitar la adhesión por analogía a conceptos como, líneas de campo magnético, flujo y ley de Gauss para el campo magnético. A continuación, se describe la construcción del dipolo, un sistema muy utilizado en la explicación ya que conecta conceptos como líneas de campo eléctrico, flujo eléctrico, y ley de Gauss. En este apartado interesa mostrar por qué se ha clasificado como un sistema cuya construcción soporta a la explicación.

➤ *El dipolo eléctrico como soporte a la explicación de conceptos en electrostática.*

El sistema del dipolo eléctrico es un sistema que presenta un soporte sencillo y permite mostrar características de las premisas de interés y establecer, o recordar, las relaciones entre ellas, como: líneas de campo, superficie gausseana, flujo en superficie cerrada, flujo y carga neta encerrada. Por lo que puede resultar de gran ayuda en la construcción de la explicación de los profesores para las tesis de flujo eléctrico y la ley de gauss.

La representación del sistema dipolo por lo general, se realiza dibujando dos cargas eléctricas puntuales que son de igual magnitud, pero con signos diferentes, por lo general llamadas como “+q” y “-q” respectivamente.

En la figura 9.6 se muestra el proceso de construcción del escenario del dipolo eléctrico en la pizarra. Esta figura esta realizada en forma secuencial, para mostrar los cambios en el dibujo a medida que se van agregando elementos al dibujo; a continuación, se describe esta secuencia y las funciones que pudiera tener en la explicación, bien sea para incorporar premisas, sus características, terminología, o enlazar conceptos, entre otros. La secuencia del profesor en la construcción del sistema: dipolo, mostrado en la figura 9.6 se ha dibujado agregando los elementos en el siguiente orden:

- a) Se dibujan las cargas puntuales, con el objeto de presentar al dipolo.
- b) Se dibujan las líneas de campo eléctrico. Para presentarlas, describir sus características y terminología. Por ejemplo en la explicación se puede destacar que se dibujan igual numero de líneas para cada carga que indica que las cargas son de igual magnitud. Las líneas de campo van de carga positiva hacia carga negativa.

Se puede presentar terminología: Las líneas de campo salen de carga positiva. Se conoce como “fuente”. Las líneas llegan a carga negativa, lo que se conoce como “sumidero”. Las líneas de campo apuntan siempre hacia la carga negativa

- c) **Se dibujan superficies cerradas o gausseana en el espacio entre las cargas.** Con el fin de presentar la superficie gausseana y su uso en el cálculo del flujo a través de superficies cerradas. $\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$

Presentar la definición cualitativa del flujo en función con las líneas de campo que atraviesan a la superficie cerrada, resultado de las líneas que salen menos las que entran. En este ejemplo, se tiene una superficie cerrada amorfa S_1 o una forma conocida como la esfera S_2 . El flujo a través de S_1 , o S_2 se calcula observando que a dicha superficie entran dos líneas y salen dos líneas, por lo tanto, la resultante es cero y el flujo eléctrico a través de S_1 o S_2 será cero.

Se puede utilizar para servir de enlace desde el concepto cualitativo de flujo a la definición matemática que ofrece la ley de Gauss: el flujo eléctrico en superficies cerradas es proporcional a la carga neta encerrada por la superficie gausseana. Si la Ley de Gauss ya se conoce, puede servir para enlazar desde el concepto cualitativo a la ley de Gauss, y hallar otra justificación de porqué que el flujo a través de S_1 o S_2 es cero: porque la carga neta encerrada es cero. $\phi_E = \frac{Q_{neta}}{\epsilon_0}$

- d) **Se dibujan superficies cerradas que encierra a la carga positiva.** Soporta lo dicho en la parte anterior. El flujo es positivo si las líneas de campo resultantes que atraviesan a la superficie quedan saliendo, y esto se destaca al calcular el flujo eléctrico a través de una superficie que encierra una carga positiva. Por lo que se enlaza con la premisa de que el flujo eléctrico está relacionado con la carga.

- e) **Se dibujan superficies cerradas que encierra a la carga negativa.** Soporta lo dicho en la parte anterior. El flujo es negativo si las líneas de campo resultantes son entrando, y esto se destaca al calcular el flujo eléctrico a través de una superficie que encierra una carga negativa. Por lo que se enlaza con la premisa de que el flujo eléctrico está relacionado con la carga.
- f) **Se dibujan superficies cerradas que abarca ambas cargas.** Soporta lo dicho en la parte anterior. El conjunto de cinco superficies gausseanas, presenta ejemplos de aplicaciones de las mismas para calcular el flujo. Si la ley de Gauss ya se conoce, puede servir para enlazar el flujo eléctrico desde el concepto cualitativo a la ley de Gauss, y hallar otra justificación de porqué que el flujo a través de S_5 es cero: porque la carga neta encerrada es cero. Por lo que se enlaza con la premisa de que el flujo eléctrico está relacionado con la **carga neta**.

$$\phi_E = \frac{Q_{neta}}{\epsilon_0}$$

$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{neta}}{\epsilon_0} = \frac{+Q - Q}{\epsilon_0} = 0$$

Pere utiliza el escenario del dipolo en su explicación, antes de enunciar la ley de Gauss, con el objeto de describir el comportamiento del flujo eléctrico a través de superficies cerradas en función de las líneas de campo eléctrico que lo atraviesan, y crear la pregunta de enlace para enunciar la ley de Gauss: cuando el flujo es distinto de cero, ¿a qué es igual?, llamando la atención con su explicación hacia la carga neta encerrada por la superficie como un parámetro para determinar el flujo. **Montse** utiliza el mismo escenario del dipolo, aunque a diferencia de Pere, ella lo presenta como cierre de clase, después de recién haber presentado la ley de Gauss. En este caso, el objeto de Montse es ayudar a comprender el significado de la carga Q que aparece en la expresión del flujo como carga neta encerrada, presentando además las características de la superficie gausseana y las del flujo eléctrico en superficies cerradas. Se puede observar con más detalle las explicaciones en el capítulo 8.

El proceso del dibujo del dipolo forma parte de la construcción de significados en la explicación del tema “flujo eléctrico a través de una superficie cerrada”; ubicando diferentes superficies cerradas en el espacio de campo eléctrico entre las cargas. Toda la explicación se realiza sobre la figura, dibujando gausseana que encierren una carga eléctrica, ambas cargas o ninguna carga y analizando de forma cualitativa el comportamiento del flujo según el número de líneas de

campo que lo atraviesan. Buscando relaciones entre premisas, originando preguntas que destaquen diferencias.

A continuación, se muestra figura 9.6. con el proceso anteriormente descrito para la construcción de la historia explicativa a través del desarrollo en la pizarra del escenario: dipolo eléctrico.

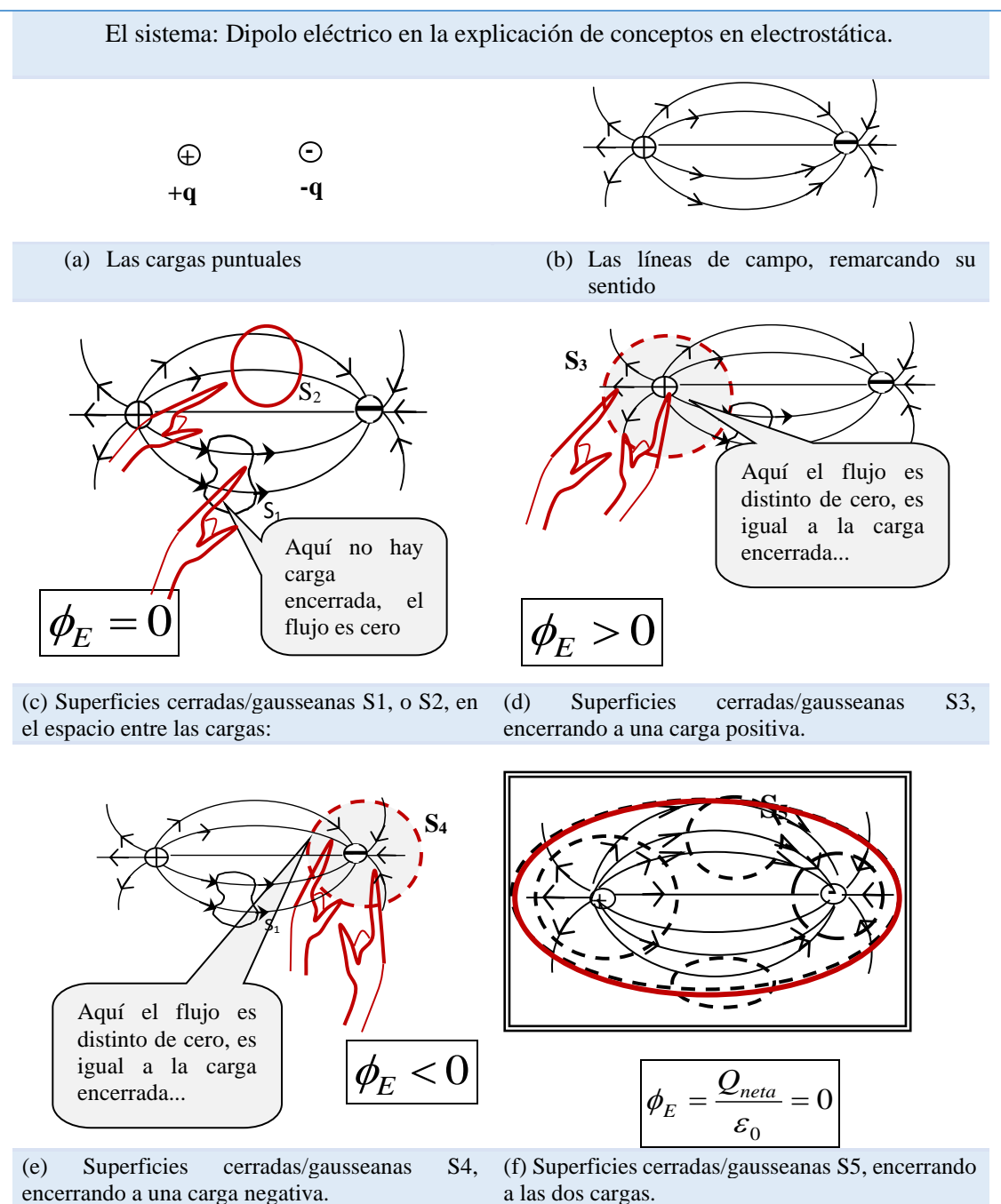


Figura 9.6. La explicación soportada en un dibujo. Ejemplo: El Dipolo.

Fuente: Elaboración propia

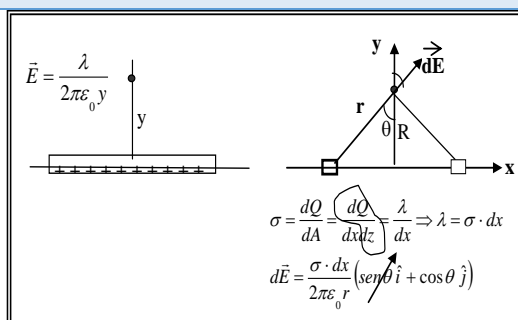
9.3.5.3 *Dibujo en secuencia (DS):*

El dibujo en secuencia se refiere a dos o más dibujos relacionados en la explicación; es decir el profesor realiza dos, tres o cuatro dibujos para soportar la explicación de un concepto. En la figura 9.7 se muestran cinco imágenes de pizarras observadas para ley de Gauss, cuatro de Montse y la última de Pere; que representan varios ejemplos, donde se observaron los siguientes casos:

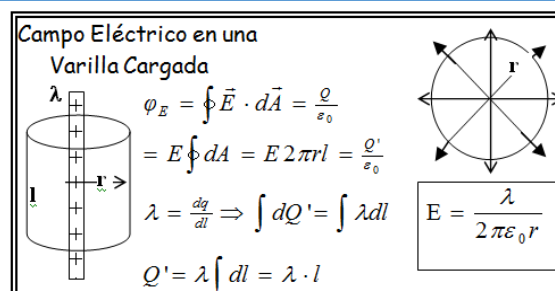
- Dibujos en secuencia con la vista de perfil. El mismo sistema presentado usando la vista tridimensional y luego una vista en el plano para presentar las variables. Ejemplos presentados en la figura 9.7 (imágenes a, b, c, y d) tomados de las pizarras de Montse en la resolución de problemas.
- Dibujos en secuencia cambiando una variable. El mismo sistema dibujado varias veces, cambiando el valor de una variable cada vez, representada por la pizarra de Pere para presentar el concepto de flujo, figura 9.7 e) con el cambio de la inclinación del plano.
- **La vista de perfil.** Se traslada la representación espacial a la vista en un plano. Esta secuencia está formada por al menos dos figuras. Un primer dibujo con la representación del sistema de forma tridimensional, y un segundo dibujo que representa al mismo sistema, pero visto desde un plano. Este tipo de secuencia es muy usada y tiene el objeto de facilitar a través del dibujo con vista en un plano, la visualización de las variables y el comportamiento entre ellas. Este tipo de secuencia es muy usada en el planteamiento y análisis de problemas. En la figura 9.7 se muestran cuatro de las pizarras observadas de la profesora Montse para ley de Gauss. En la figura 9.7b) se observa a la izquierda de la pizarra, la varilla con el cilindro dibujado en 3d y colocado como figura principal para describir el sistema, pero que se apoya en otra figura (ubicada en la esquina superior derecha de la pizarra) que representa una vista de planta o *desde arriba* dibujada de forma aumentada (efecto zoom) que representa ***una vista de perfil*** de la figura o ***vista en 2d***.
- **La secuencia del plano inclinado.** Se dibuja el mismo sistema realizando un cambio, en la inclinación del plano respecto al campo, en el caso de flujo eléctrico. En el ejemplo que define el flujo eléctrico, dado por los profesores (plano inclinado), utilizan la secuencia de dibujos, interpretadas como tres representaciones, cada dibujo en el primer momento (A) representa el estado inicial del proceso (posición inicial), mientras que el segundo momento (B) representa un cambio en la posición del plano y su efecto en el concepto y el comportamiento de las variables que intervienen. Además de representar estos estados

visualmente el profesor los representa mediante la escritura de la expresión matemática, ofreciendo para los estudiantes la definición lingüística técnica y visual de los conceptos científicos. Cada dibujo esquemático muestra el comportamiento de los vectores área y campo eléctrico y el ángulo. Tiene la función de facilitar la visualización del comportamiento de las variables entre sí y diferenciar cómo cambian estas variables de forma gráfica y cómo cambia el valor del flujo, ver figura 9.7, imagen (e).

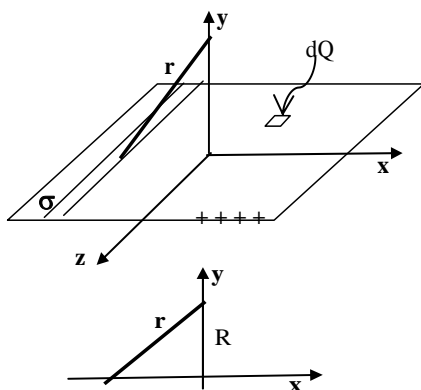
Dibujos en Secuencia, con la vista de perfil.



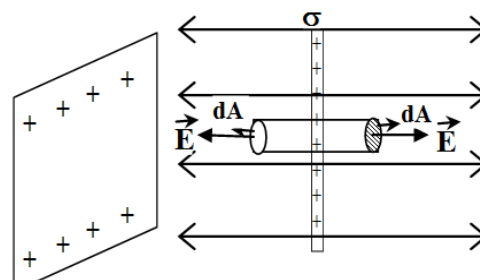
a) Plano no conductor. Ley de Coulomb (M)



b) Barra infinita no conductora. Ley de Gauss (M)

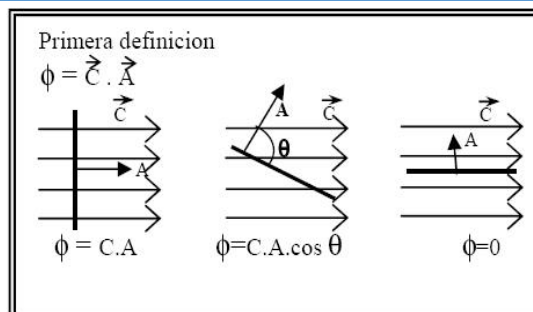


c) Plano no conductor. Ley de Coulomb (M)



d) Plano infinito. Ley de Gauss (M)

Dibujos en Secuencia, cambiando una variable



e) El sistema del plano y líneas de campo, cambiando la inclinación, para el concepto de flujo (P)

Figura 9.7. Ejemplos en las pizarras de dibujos en secuencia.

Fuente: Elaboración propia

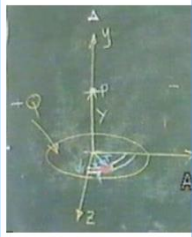

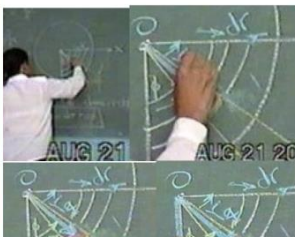
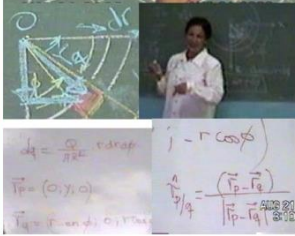
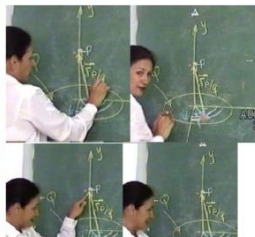

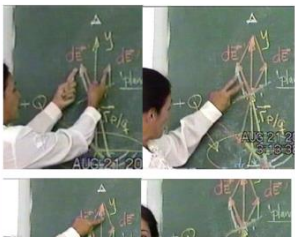
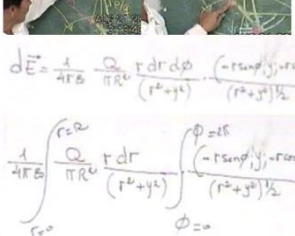
9.3.5.4 *La composición en la resolución de problemas*

Para reflexionar sobre la mejora de la enseñanza, es necesario ser consciente de cómo es en un contexto particular dicho proceso de enseñanza; en este caso, la Facultad de Ingeniería. La construcción de significados y desarrollo de competencias en la explicación puede verse durante el proceso de resolución de problemas, donde el estudiante integra las distintas ideas presentadas en el aula con las suyas. En la tabla 9.14, se muestran dos ejemplos de la organización en la resolución de problemas, visto desde la composición en la pizarra.

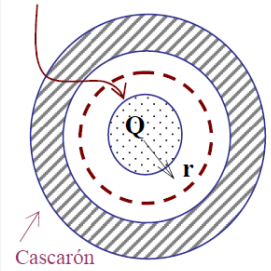
En la primera fila tabla 9.14a), organizada en cuatro columnas se muestra a **Laura**, en un ejercicio de cálculo de campo eléctrico; donde se pueden observar cuatro partes: (a) El dibujo en 3d con colores en pizarra, Laura inicia el sistema a resolver, mientras ella va dibujando un disco en la pizarra. Escribe sobre el disco del sistema cada característica (radio R , carga eléctrica Q , ejes de coordenadas, diferenciales de carga, etc.), b) luego, hace el traslado a la vista 2d, un dibujo bidimensional, que representa el disco visto desde arriba (observen el “ojo” en la parte superior del primer dibujo), extrapolando las variables del primer dibujo a esta nueva representación, presenta el diferencial de carga y su lugar en el sistema, c) utiliza colores, gestos apuntes para señalar en el dibujo las variables de la ecuación con, gestos deícticos, añadiendo trazos y letras en el proceso de dibujo haciendo visibles las relaciones, la comparación entre ellos y las operaciones usando proyecciones, d) dibuja y presenta la adición vectorial del campo, usando colores para presentar el campo resultante y verbalmente lo que van a realizar: "usaremos vectores unitarios y verificaremos si hay simetría" para iniciar el desarrollo matemático esperado hasta obtener la expresión matemática que define el valor del campo eléctrico.

En la segunda fila de la tabla 9.14, se muestra la organización de Pere en la resolución de problemas aplicando Gauss, que es algo característico en los tres profesores, Montse se puede observar igualmente en un ejemplo en la imagen de la figura 9.7b) y en el capítulo siete.

Tabla 9.14. Organización en la resolución de problemas en la pizarra. Ejemplos.

La resolución de problemas. Ejemplos en la pizarra.			
Sistema 3d usando colores, dibuja vectores y diferencial de campo	Sistema 2d resalta diferenciales de carga, área, radio	Relaciona con los gestos las variables de la ley de Coulomb	Grafica la proyección de vectores y desarrollo matemático
 	 	 	 

a) Pizarra de Laura: Campo eléctrico generado por un disco, aplicando Coulomb



Esfera no conductora (Q)

Cascarón esférico conductor (descargado)

• Campo E $0 < r < a$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0}$$

$$E 4\pi r^2 = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0} \quad (1)$$

donde $Q_{enc} = \int \rho_{(r)} dV$

$$\Rightarrow Q_{enc} = \rho \int_0^r dV = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\Rightarrow Q_{enc} = \frac{Q}{\frac{4}{3} \pi a^3} \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\Rightarrow Q_{enc} = \frac{r^3}{a^3} Q \quad (2)$$

• sustituimos ec (2) en (1):

$$E 4\pi r^2 = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{r^3}{a^3} Q$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{r}{a^3} Q \left[\frac{N}{C} \right] \text{ dirección radial}$$

• campo $a < r < b$:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0} \Rightarrow E 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \left[\frac{N}{C} \right] \text{ dirección radial}$$

b) Pizarra de Pere: Campo eléctrico en una configuración esférica aplicando Gauss (faltan algunos detalles sobre la carga y la gaussiana que el profesor realizó).

Fuente: Elaboración propia

Se han mostrado ejemplos de los tres profesores, en la organización de la pizarra en la resolución de problemas. En **Laura** sólo es un ejemplo, pero se pudo observar a **Montse** en el capítulo siete, y a **Pere** con la carga en el capítulo ocho. Y se puede decir, tomando en cuenta el tiempo empleado, que el profesor dedica dos tercios de la resolución del problema para describir el sistema, dibujar y/o representar con objetos para presentar las variables a analizar, y es sólo al final cuando utiliza fluidamente la pizarra para desarrollar matemáticamente y resolver el problema.

9.3.6 Modo Representación

9.3.6.1 *La Recreación del imaginario con la narrativa (objetos imaginarios)*

Pere en las historias explicativas, se observó el uso de la mímica para construir significados para el concepto de superficie gausseana, con la representación gestual con objeto imaginario sobre el dibujo con “yo soy la carga” (la mímica se describe como RIG, o más específico RIGD si se toma en cuenta que se ubica sobre la pizarra) utilizada para generar interacción a la pregunta crítica, aplicada a la resolución de problemas, Luego con la representación de “el cubo en el aula” para provocar controversia en el estudiantado y hacer visible las diferencias. En ambas situaciones recibe atención y respuesta del estudiantado.

Montse: la representación con objeto imaginario (RIG), es el modo característico de Montse, utilizado como apertura de la clase (carga eléctrica) o al inicio de un tema (flujo) para generar interacción espontánea a través de la narrativa y la onomatopeya del hacer cotidiano.

9.3.6.2 *La Representación con objetos físicos*

Laura utiliza la carpeta (ROIG) y (ROD - RODmov sobre la pizarra) para generar interacción a la pregunta crítica, con objeto imaginario, recreando un aula con líneas de campo que la atraviesan (RIG) y luego añade una carpeta como su plano (ROIG); que acompaña una dinámica de preguntas interactivas (PF-PG-PR). En la figura 9.8 se pueden observar imágenes de ejemplo con Laura usando la carpeta y el borrador, para el cálculo del flujo a través de varias superficies; en la figura 9.8(c) realiza una representación con objeto físico sobre el dibujo de la pizarra (ROD), y en el resto realiza representaciones con objetos físicos y gestualidad (ROG).

Montse La representación es el centro para construir significados y provocar la interacción. Se observa en todas las subcategorías: ROD, ROG, RODmov, RIG. Utiliza la representación con el folio sobre el dibujo del plano (ROD), al darle movimiento al folio sobre el segundo dibujo del plano presentando tres inclinaciones (RODmov), y usando dos folios (ROG), para flujo, y carga neta.

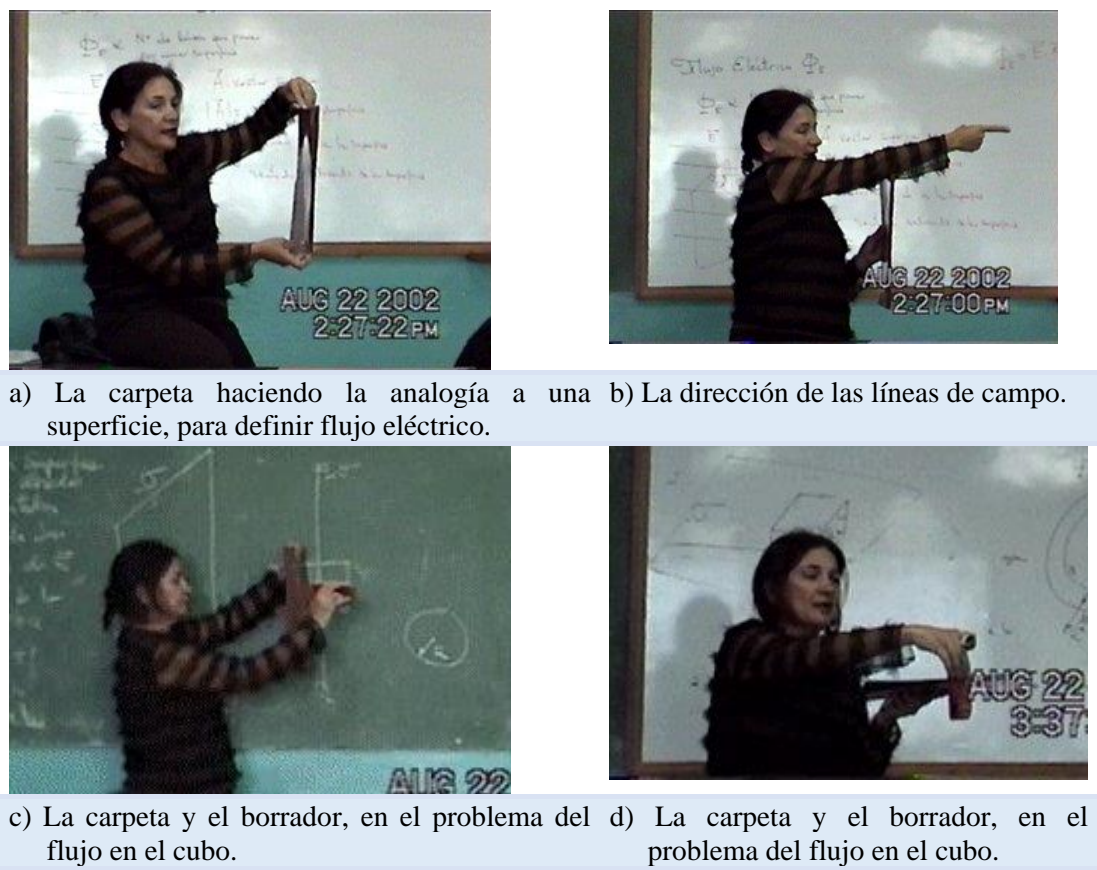


Figura 9.8 Laura y la representación con objetos físicos en la historia: flujo eléctrico.
Fuente: Elaboración propia

9.3.7 La interacción de los modos

Se observó en Montse y Laura lo que Tang y colaboradores (2011) llaman *representación múltiple*, que es la acción de repetir exactamente lo mismo con otra combinación modal. En los profesores se observa la *interacción multimodal*, y el cambio en la densidad de modos en el tiempo, que nos da referencia de la intensidad modal en la historia explicativa.

Para facilitar la búsqueda presentamos la información de las siete tablas que resumen la interacción de modos comunicativos.

La interacción modal			
Segmento de la historia:	Pere	Montse	Laura
Flujo	Tabla 8.14	Tabla 8.32,	Tabla 8.47
Ley de Gauss	Tabla 8.15a)	Tabla 8.33a)	
Ejercicio	Tabla 8.15b)	Tabla 8.33b)	

9.3.7.1 *Repetición Multimodal o representación múltiple*

- **Pere:** En los segmentos analizados de Pere, no es común observar la repetición, sin embargo, se observó el énfasis en diferenciar la entidad: superficie gausseana; utilizando la representación múltiple, con el mismo objetivo: analizar el comportamiento de las líneas de campo respecto al vector área; para ello utilizó la representación corporal “yo soy la carga” sobre el dibujo de la pizarra, y luego la representación en el aula con el cubo.
- **Montse.** Hace uso de la repetición simple y múltiple, multimodal, retorna a la misma explicación usando otros recursos modales, donde resalta la representación con objetos reales o imaginarios y su gestualidad. Montse prioriza la representación de varias maneras para dar soporte sobre el dibujo o dibujo en secuencia. Destaca la rapidez en los cambios de representación, acompañados de preguntas para crear controversias, revistiendo de una gran intensidad modal, por ejemplo, observado en la selección y colocación de la superficie gausseana. En la tabla 8.33b, se observa que realiza el plano con el cilindro, a través del dibujo, la representación con la libreta de espiral, luego con el folio en forma de cilindro sobre la pizarra; igual en esta tabla se indica remarcado con redondeles la repetición simple del folio sobre el dibujo de la pizarra.
- **Laura,** utiliza el dibujo como base de la explicación y complementa con la representación con objetos para dar claridad al dibujo. La repetición cuando está presentando un concepto, es una característica en Laura, y lo realiza en diversas etapas de la explicación usando otros elementos. Observado en el concepto de flujo, cuando no recibió el *feedback* esperado con la representación de la carpeta, lo repite con el dibujo, y luego nuevamente, esto se puede observar en la tabla 8.47 señalada con redondeles en el tablero modal.

Y a modo de cierre:

Se observa una característica común en los profesores, **la redundancia de las estrategias**, el profesor expresa una idea múltiples veces y de múltiples formas, esto produce que el discurso de los docentes sea redundante. Pero como expresan Castellá y otros (2007 p49) en este tipo de comunicación, la redundancia es necesaria cuando se persigue el objetivo de hacer comprender unos conocimientos que se supone que el destinatario no posee.

9.3.7.2 *Dinámicas de intensidad multimodal destacada*

- **Pere.** Se observaron muchas combinaciones de modos, por lo general **con soporte principal en el dibujo**.
 - Combinación con la pregunta crítica, para enlazar las ideas en el dibujo y la definición matemática, [Pr-GA-EM-DS2-DS3] observado en la definición cualitativa de flujo (D03_P) que enlaza el conjunto de la explicación con la pregunta retórica “¿qué tal si yo agarro este plano?”, el gesto apuntador, la escritura simbólica y dos dibujos del plano en posiciones distintas.
 - Combinación modal, enlazando tres dibujos en secuencia: Dibujos en secuencia, gesto apuntador, expresión matemática [GA-EM-DS2-DS3-DS4] - Realizado en (D05_P, D07_P) para la definición de flujo como producto escalar, se destaca el gesto apuntador, la escritura y los dibujos, trabajando los tres dibujos en secuencia, con la notación vectorial y simbólica, haciendo los enlaces con cada dibujo (D→EM). Luego lo repite en D08_P para resaltar $teta$ constante ($EdA \cdot \cos\theta$).
 - Combinación entre dos pizarras: Dibujo en desarrollo, enlace con el desarrollo matemático, y gesto apuntador sumado a **dos pizarras** [D→EM, GA, DD2]. Realizado por ejemplo con el hemisferio-no plano, cuando trabaja con las dos pizarras y la ecuación del producto escalar.
- **Montse.** Ha sido versátil, las explicaciones analizadas ofrecen diferentes expresiones en la actuación docente con los modos comunicativos. En la carga eléctrica, inicia con una *narrativa descriptiva desde lo común y cotidiano, con representación corporal con objetos imaginarios*, ideal para motivar al estudiantado e introducir el tema; luego, cuando presenta los conceptos lo ha realizado muy formal apoyada en la *escritura en la pizarra e imágenes de láminas con el retroproyector*. Se ha observado para el concepto de flujo, utilizando *dibujos y representaciones con objeto sobre el dibujo*, en el ejemplo de Gauss para la carga puntual, se basa en *el dibujo y desarrollo matemático*, y finalmente en la resolución de problemas con una mayor intensidad en la cantidad de

representaciones con objetos usados; sobre el dibujo o solos. Su fortaleza en la cual soporta más repetidamente su explicación es la **representación con objetos físicos o imaginarios**.

- Combinación de las preguntas, con la representación con objeto sobre la pizarra, la expresión matemática y la gestualidad. Con el plano inclinado se observa la intensidad en la interacción, con el folio sobre el dibujo, y la gestualidad [Pr – PR-ROD-EM-G] para justificar las expresiones matemáticas del producto escalar, materializando los elementos (D15_M).
- Combinación de las preguntas, con el dibujo en la pizarra, la expresión matemática y la gestualidad. [Pr-D-EM-G] Al desarrollar el campo para la carga puntual y justificar superficie gaussiana (D21, D23) intensidad modal y rapidez PR, Pr, RODx3 G Pausa ¿si colocamos el cilindro así? (x, y, z) E27
- Combina el desarrollo del dibujo del dipolo, con la gestualidad y la expresión matemática para confirmar la ley de Gauss para el cálculo del flujo. En el Dipolo [GA-DD-EM], para resaltar el ángulo entre los vectores, y luego finaliza con la formalización matemática que demuestra lo antes justificado de forma gráfica.
- **Combinación de máxima intensidad en la resolución de problemas**, en este ejemplo usando la representación con objetos, gestualidad, expresión matemática, preguntas de *feedback* y con pausa [folio-folio ROG EM G PF Pausa]. Para el caso de la carga neta ya finalizando el desarrollo matemático del problema del plano en el concepto de flujo (E33_M), utiliza dos folios uno en forma de cilindro sobre el otro que representa al plano y tiene marcado el redondeo del cilindro. A través de su gestualidad, enlaza los objetos representados, con el desarrollo matemático, y muestra el área interceptada por el cilindro, pregunta para si entienden y hace pausa, “¿lo ven?”. **Se observa la intensidad en el uso de modos comunicativos, cuando hay una complejidad de entidades que interactúan para integrar otro concepto nuevo**, la carga neta en este caso.

- **Laura.** Utiliza de soporte la pizarra en dibujo y escritura. La mayor dinámica la realiza en conjunto con la pregunta buscando interacción.
 - Combinación para hacer la justificación del dibujo espacial a la vista en el plano, rotando los ejes con los gestos apuntadores [Pr-GA-D1-D2] donde utiliza la pregunta crítica y gestualidad enlazando los dos dibujos. Utilizó la pregunta que espera respuesta (PR) para hacerlos pensar y conectar formalmente los dibujos con los ejes de referencia y dirigir la visión espacial del escenario
 - Combinación de los dibujos en secuencia, las expresiones matemáticas con la gestualidad, [Dibujo – GA- EM] que conecta con los elementos sobre el dibujo, usando la simbología para nombrar y distinguir los vectores. Similar a Pere en el concepto de flujo D16_L, acompaña cada dibujo de las expresiones matemáticas particulares a cada dibujo (de flujo y ángulo) en la parte inferior.
 - Combinación de la pregunta con respuesta (PR), la gestualidad corporal y la representación con la carpeta para hacer pensar en la definición cualitativa del flujo, y provocar la participación con preguntas de abstracción, de las cuales censa dificultad de comprensión y continúa trabajando hasta lograr la respuesta del estudiantado
 - Combinación de los gestos con el libro y la pregunta crítica, en la carga eléctrica cuando utiliza la imagen del libro texto, para presentar las líneas de campo [libro-GC-GN-GA-Pr], comparando con una moneda y representando a las líneas *saliendo* del libro (B20_L).

En la tabla 9.15 se presenta la síntesis de lo observado en la interacción de modos comunicativos, desde la repetición y la combinación de modos comunicativos, para los tres profesores.

Tabla 9.15 Comparando la interacción multimodal del profesor para construir la historia.

	Pere	Montse	Laura
Repetición Multimodal	<p>No es común repetir la explicación verbal, pero se observó un mismo objetivo con dos representaciones diferentes,</p>	<p>Repite la explicación con otra combinación de modos comunicativos</p> <p>Prioriza la representación con objetos, para dar soporte sobre el dibujo o dirigir el cambio al dibujo en secuencia.</p> <p>Destaca la rapidez de los cambios de uno a otro, acompañado de preguntas para crear controversias, revistiendo de una gran importancia el análisis.</p>	<p>Repite la explicación con otra combinación de modos comunicativos</p> <p>Prioriza el dibujo o dibujo en secuencia, y complementa con la representación (Ej. La carpeta)</p>
Intensidad Modal	<p>Cubo ROIG-GN-GA-Pr (E08_P). en la representación del cubo. Trabajando la pregunta y la gestualidad para la visualización de líneas de campo, vectores área en el concepto de SG.</p>	<p>Folio-folio ROG EM G PF Pausa Aumenta la intensidad de modos, cuando hay una complejidad de entidades que interactúan para integrar otro concepto nuevo. La carga neta en el concepto de flujo (E33_M)</p>	<p>Carpeta ROIG-PR.GA. La pregunta con respuesta y la representación con la carpeta para hacer pensar y provocar la participación con preguntas de abstracción, de las que censa dificultad de comprensión y continúa trabajando hasta lograr la respuesta del estudiantado</p>
	<p>GA-EM- DS2-DS3-DS4 (D05_P, D07_P)- <i>flujo como producto escalar</i> -gestualidad, la escritura y los dibujos, trabajando los tres dibujos en secuencia, con la notación vectorial y simbólica, haciendo los enlaces con cada dibujo (D→EM). Repite en (D08_P) para resaltar teta constante</p>	<p>GA-DD-EM En el Dipolo, combina el dibujo con la gestualidad para resaltar el ángulo entre los vectores, y luego finaliza con la formalización matemática que demuestra lo antes justificado de forma gráfica.</p>	<p>DS1-DS2-GA-EM similar a Pere en el concepto matemático del flujo. Los elementos sobre el dibujo, tienen nombre y se distinguen si son vectores. Acompaña el dibujo de EM (D→EM). particulares en la parte inferior D16_L</p>
	<p>D→EM, GA, DD2. Enlaza el dibujo del hemisferio-no plano. con la expresión matemática.</p> <p>Trabaja las dos pizarras y la ecuación del producto escalar</p>	<p>Pr- D-EM-G Al desarrollar el campo para la carga puntual y la justificar superficie gaussiana (D21, D23) intensidad modal y rapidez PR, Pr, RODx3 G Pausa ¿si colocamos el cilindro así? (x, y, z) E27</p>	<p>Pr-GA-D1-D2 Utiliza la pregunta crítica enlazando dos dibujos y gestualidad. La pregunta que espera respuesta (PR) para hacerlos pensar y conectar formalmente los dibujos con los ejes de referencia y dirigir la visión espacial del escenario,</p>
	<p>Pr-GA-EM- DS2-DS3 (D03_P) <i>flujo cualitativo</i> - Pregunta retórica, la gestualidad, la escritura simbólica y dos dibujos del plano en posiciones distintas.</p>	<p>Pr -PR-ROD-EM-G Con el plano inclinado se observa la intensidad en la interacción, con el folio sobre el dibujo, y la gestualidad para justificar las expresiones matemáticas del producto escalar, materializando los elementos (D15_M)</p>	<p>Libro-GC-GN-GA-Pr. Cuando representa sobre el libro texto la carga puntual en el capítulo 6, comparando con una moneda. B20_L</p>

Fuente: Elaboración propia

9.4 La trayectoria narrativa y las tensiones en la historia explicativa.

Uno de los resultados más interesantes está en lograr una forma de representar cómo se desenvuelve el hilo de la historia, y se va construyendo así la explicación.

La *gráfica de la trayectoria narrativa logra dar orden a los análisis y presenta en una imagen la comprensión del proceso de construcción de la historia ocurrido*, los elementos analizados en la primera etapa que son muchos, otorgándole cierta coherencia al todo del segmento o de la historia explicativa en sí. Para construir la gráfica de la trayectoria fue necesario:

- Paso 0. Realizar la primera etapa de análisis con las dimensiones 1 y 3, para crear las bases didácticas y multimodales tal como se presentó en el capítulo siete; luego, con esta base de conocimientos realizar un proceso de reflexión, para ubicar los puntos de generación de tensión, bien sea provocado por el profesor (ej. cuando crea controversias) o censado por el profesor (cuando realiza una pregunta) al no recibir *feedback* esperado para una pregunta, o una mirada de supervisión, o interpretar los silencios.
- Paso 1. Realizar la descriptiva del proceso cómo evoluciona o se desarrolla la historia. En forma de un análisis descriptivo, separando la historia en etapas de pocos episodios (Ejemplo, Laura en el apartado 7.2.11 para obtener la figura 7.2 y tabla 7.15) que, en ocasiones, cuando la historia se hace compleja se recomienda un paso más.
- Paso 2. Realizar una tabla con las etapas de la historia versus generación/resolución de tensiones. La descripción del paso anterior se soporta en una tabla Historia/Tensiones, formada por tres columnas (las etapas de la historia, cómo se generó la tensión y como se resolvió).
- Paso 3. Realizar la gráfica de trayectoria.
- Paso 4. Contrastar las interpretaciones de la gráfica obtenida con el tablero modal, acoplados ambos con el mismo tiempo.

En la tabla 9.16 se resume la información de los pasos dados para obtener las gráficas con la ubicación en el capítulo 7.

Tabla 9.16. Pasos realizados para obtener la gráfica de trayectoria de la historia explicativa

Pasos para obtener la Gráfica	Laura	Pere	Montse
1. Realizar texto descriptivo.	Apartado 7.2.11	Apartado 7.3.8	Apartado 7.4.11
2. Realizar Tabla de Historia / Tensiones si fuese necesario	-	Tabla 7.27	Tabla 7.43
3. Graficar la trayectoria de la historia	Figura 7.2	Figura 7.3	Figura 7.4
4. Contrastar resultados con el “tablero modal”	Tabla 7.15	Tabla 7.28	Tabla 7.44

Fuente: Elaboración propia

La tabla se realizó para los profesores Pere y Montse. Pere, con su descriptiva en el apartado 7.3.8, la tabla 7.27 para obtener la trayectoria de la historia (figura 7.3 y tabla 7.28); y Montse con su descriptiva en el apartado 7.4.11, que da la tabla 7.43 para obtener la trayectoria de la historia (figura 7.4 y tabla 7.44).

El resultado para una historia no es único. Al ser una gráfica cualitativa, lo importante es ordenar la interpretación de lo observado. Justificar la generación o resolución de tensiones o conflicto cognitivo en el desarrollo de la historia, ayuda a realizar la gráfica de trayectoria. Las reglas son sencillas: si hay tensión es una pendiente positiva, si se resuelve, pendiente negativa.

Lo que indica que, utilizada **como herramienta didáctica** para un taller con un grupo de profesores, **lo más probable es que ninguna trayectoria realizada sobre un mismo segmento de historia se parezca**, pero lo que importa es que aporta a través de “un dibujo” información del proceso de análisis del aprendiz, sobre *cómo visualiza esa historia*, cómo interpreta la actuación en el aula para que el profe-protagonista impulse la historia, o resuelva situaciones; ese justificar con las bases didácticas y multimodales enriquece la discusión, y lo que importa es que se convierte en una herramienta útil que puede ofrecer bases para obtener un **proceso generativo de conocimiento y reflexión, a partir de la gráfica de la trayectoria narrativa de una historia.**

Al presentar la gráfica de trayectoria, comparado con el *tablero modal* (se puede verificar, ordenar o reajustar la curva graficada en la trayectoria. Se le añaden descripciones sobre la gráfica. **Se obtiene una gráfica que condensa muchos elementos obtenidos del análisis, dándole sentido en la evolución de la explicación en el tiempo**; que en esta investigación vienen a ser tres ejercicios: a) tablas 7.15 con Laura y la definición de una entidad, b) tabla 7.28

con Pere con un ejemplo de aplicación y c) tabla 7.44 con Montse con una resolución de problemas.

La gráfica cambia según el propósito de la explicación. Con la información de las trayectorias obtenidas, hay indicios que la complejidad de estas gráficas está relacionada con el objetivo de la explicación. Aunque directamente están relacionadas con las tensiones, y estas son multiplicadas en la resolución de problemas donde se observa mayor dinamismo en la actuación de los profesores.

9.5 El tablero modal y el esquema de barras modales

9.5.1 El tablero modal

Es un soporte de análisis versátil útil como material didáctico para las tres dimensiones.

Uno de los resultados más importantes fue el encontrar una forma de representar la multimodalidad de forma tabulada con filas columnas, pero de una forma visual, con el *tablero modal* que ayuda al interpretador a ubicar visualmente las zonas más dinámicas modalmente. Y que acompañaron a las otras categorías.

- En el capítulo seis, en la unidad didáctica: la carga eléctrica, que tiene un énfasis desde lo argumentativo, este tablero modal, contribuyó a visualizar cómo la multimodalidad acompaña a las tesis y la argumentación en la construcción de la historia.
- En el capítulo siete con la unidad didáctica: líneas de campo eléctrico, con énfasis en la didáctica y tomando en cuenta la interacción multimodal, sirve de soporte en dos etapas de la gráfica de trayectoria: en la parte descriptiva del análisis de tensiones y luego para visualizar la trayectoria, y verificar interpretaciones del desarrollo de la historia a través de las tensiones, comparando con el tablero modal (tablas 7.15, 7.28, 7.44).
- En las unidades didácticas de flujo eléctrico, como en los análisis de las unidades anteriores, sirve de soporte en la parte descriptiva de los análisis y para verificar interpretaciones tanto en las categorías argumentativa, como didácticas. Se añade la función en el análisis de la interacción multimodal, ayuda en la descripción de la dinámica multimodal y es la base que alimenta el gráfico de barras modales.

9.5.2 El gráfico de barras modales

En el capítulo 8, se describieron las historias explicativas de los tres profesores, mostrando la interacción de los modos comunicativos a través del esquema de barras modales de forma secuencial, agrupados por las etapas que forman la historia a lo largo del tiempo. **Esta herramienta didáctica**, ver un ejemplo en la figura 9.9, **resultó ser importante para dar soporte visual de una forma gráfica**, a las interpretaciones realizadas a través de los análisis expresados en los apartados descriptivos de la dimensión multimodal. Es una forma de expresar rápidamente lo observado, en cada etapa de la explicación y **muestra en función del número de modos que aparecen y su altura, cual es la etapa de mayor dinámica modal**. Lo importante es separar la historia según las partes, etapas, objetivos o escenarios de la explicación, y el resto es agrupar y contar sobre el tablero modal.

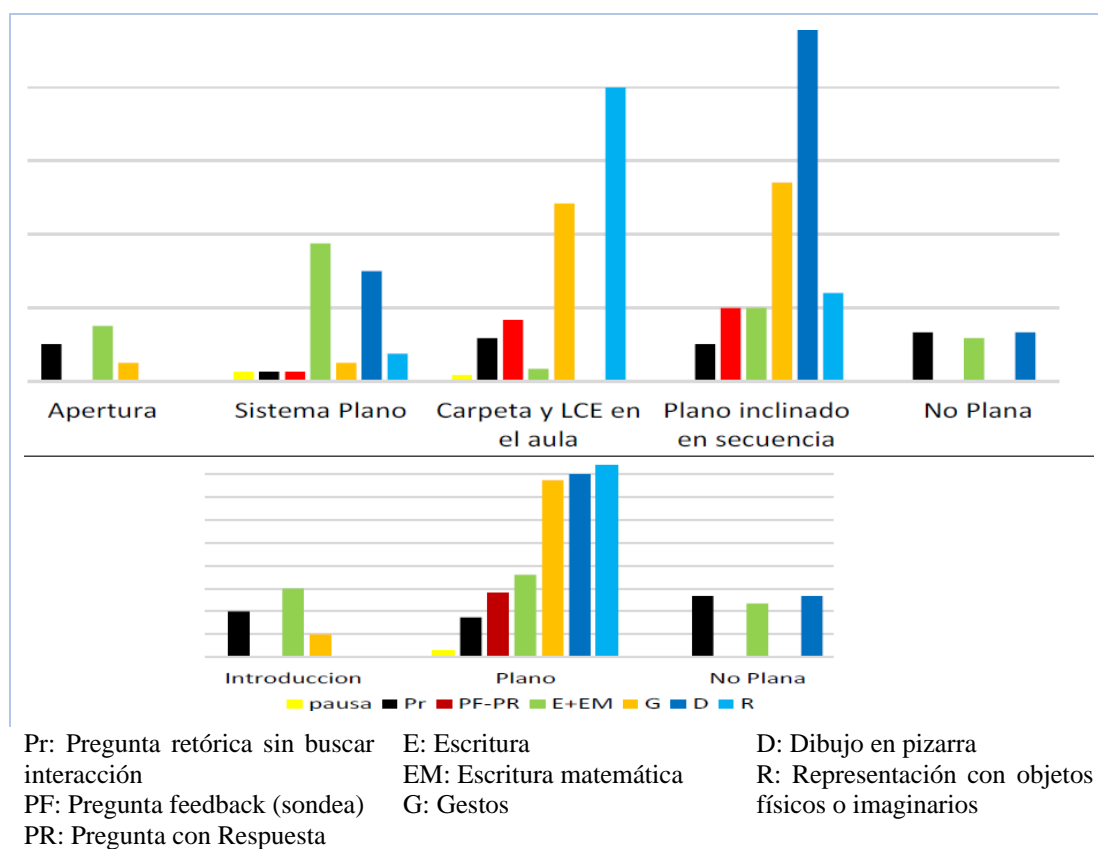


Figura 9.9. Ejemplo del esquema de barras modales.

Fuente: Elaboración propia.

9.6 La definición gráfica de la “clase” como evolución de historias construidas

La investigación se inició con la construcción de cinco unidades didácticas, definiendo a la unidad didáctica como una unidad de enseñanza construida a partir del discurso de los profesores en sus explicaciones, tomando en cuenta las características de enseñanza dentro de un contexto particular y presentada en esta investigación en un formato multimodal con un propósito de formación, y que sirve como elemento base para los procesos de análisis desarrollados.

El análisis de las unidades didácticas ha permitido conocer la dinámica de la actuación de cada uno de los tres profesores para construir significados y mantener la adhesión de los estudiantes; tomando segmentos de sus historias explicativas. A los efectos académicos de la presente investigación, la metodología se inició presentando los términos macro, meso y micro según los niveles de análisis en las explicaciones con el fin de enriquecer los niveles de descripción de la explicación de los profesores y de su interpretación. Del análisis macro se obtuvieron las historias explicativas que van organizándose en cada sesión de clases, añadiendo significados a las entidades de interés, hasta conformar el todo de la unidad de estudio.

La clase en el aula, tiene un componente dialógico latente, ya que los profesores realizan una serie de previsiones (a partir de sus objetivos, su conocimiento teórico, el conocimiento sobre su audiencia que se realimenta en cada clase, sus expectativas, entre otros) orientados a adaptar la historia explicativa a las necesidades de sus estudiantes, para lograr la comprensión, motivar el interés por el saber, y generar adhesión por parte de los estudiantes en cada parte de su explicación. La clase no es un acto único, sino que forma un eslabón de la cadena de discursos que conforman el conjunto de las clases del curso, y a su vez cada clase está formada por una secuencia de historias explicativas o segmentos de ella.

La figura 9.10 muestra un ejemplo del esquema de las clases y su segmentación en historias explicativas, tomando por ejemplo al profesor Pere, a quien se le tomaron las historias explicativas continuas en el tiempo para esta investigación, con el fin de mostrar un significado gráfico del *proceso de construcción de una clase*.

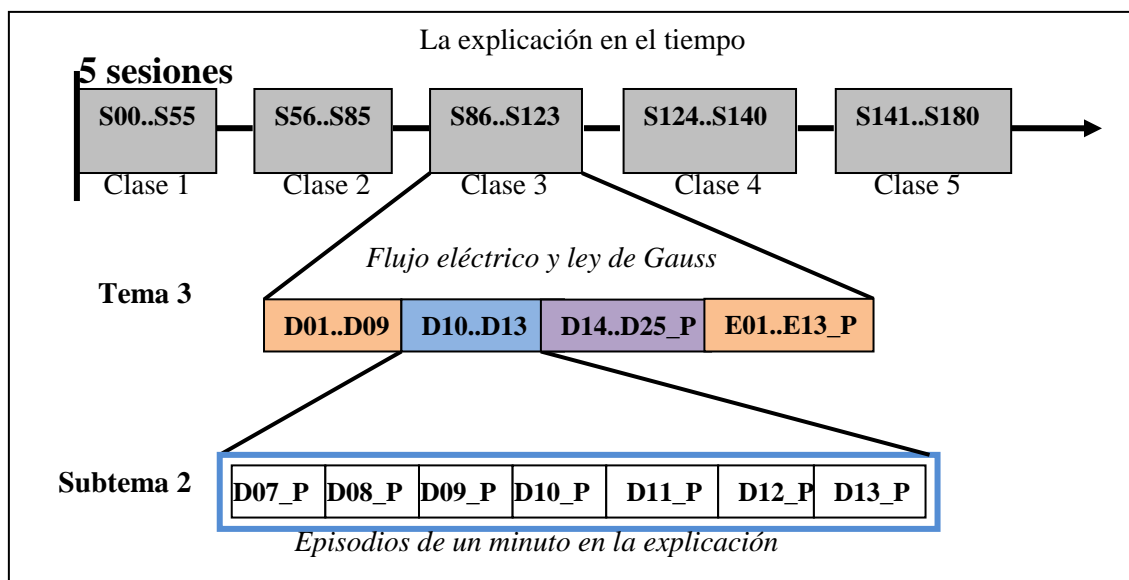


Figura 9.10. La historia explicativa que va conformando la clase en el tiempo

Fuente: Elaboración Propia

Con base en lo anterior, se construyó **la clase de Pere** tomando sus explicaciones que son continuadas en el tiempo, uniendo los resultados gráficos de sus historias explicativas. Obteniendo la representación de la definición de la clase como se presenta en la figura 9.11.

Tal gráfica caracteriza a **la clase** por su componente dinámico en función de la interacción de tensiones generadas y los recursos comunicativos utilizados por el profesor quien persigue adaptar la explicación a sus estudiantes, construyendo significados en las entidades, buscando entre otras cosas su atención y comprensión. **A través de esta representación se confirma el componente dialógico de la explicación magistral.**

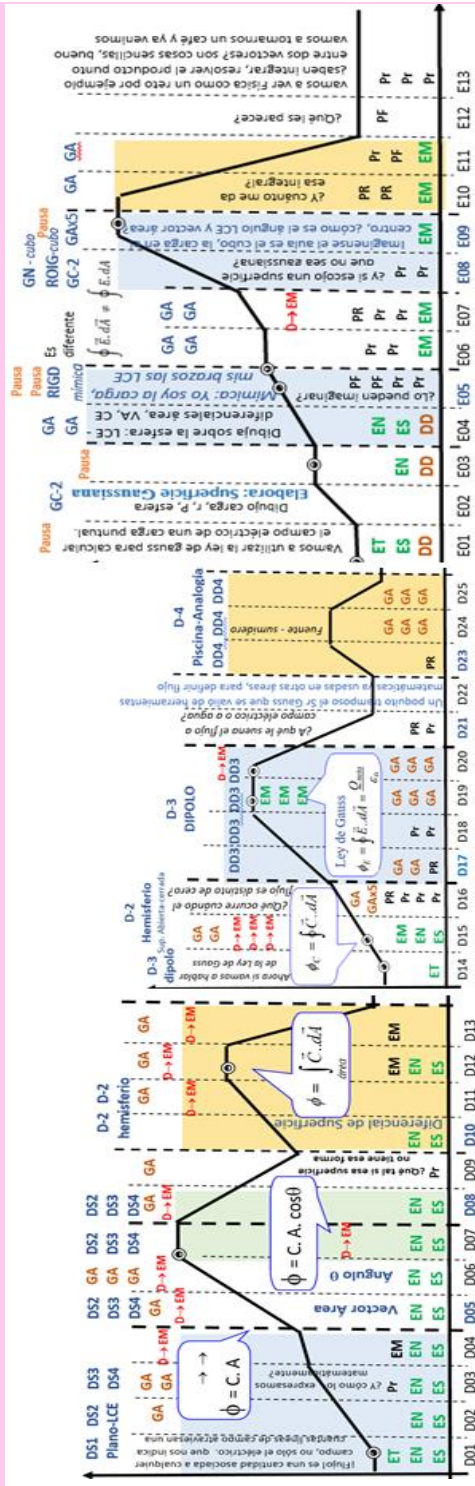
En las clases de los profesores el uso de la pregunta crítica integrada en las explicaciones, que los estudiantes pueden responder, y que les sirven de *feedback* y mantener su atención. Una de las maneras más efectivas de captar la atención de los estudiantes es incitarles a participar en la clase a través de preguntas, motivándolos, incluso “provocándolos” en esta área se distinguió Montse, aunque los tres las utilizan para la conducción de la historia explicativa, ya que les sirven a los estudiantes para pensar, orientar, ordenar y desarrollar su capacidad de reflexión y de razonamiento.

Figura 9.11. La representación de la actuación del profesor durante la construcción de la historia explicativa.

Fuente: Elaboración propia

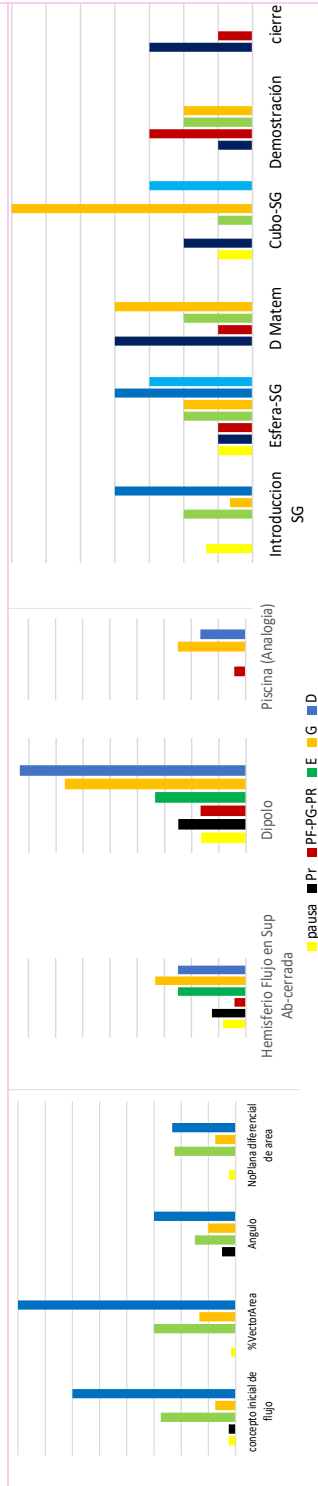
CASO: LA HISTORIA EXPLICATIVA DE PERE

Trayectoria de generación/ resolución de tensiones



Tiempo. Episodios de PERE (D01_P-D25_P) y (E01_P, E13_P)

Modos Comunicativos



9.7 . Hacia la preparación docente

La motivación que dio inicio a este estudio fue el realizar planes de formación adaptados al contexto de enseñanza del profesor aprendiz. Que pudiesen tomar como referencia las actuaciones y/o quehaceres docentes de profesores de más experiencia y con quienes, muy probablemente comparten la misma titulación profesional de base, es decir son ingenieros y/o físicos.

Los resultados de la investigación proporcionan, materiales que pueden utilizarse como una plataforma de inicio con información sobre el saber dado en un contexto y tema particular, pero también con herramientas que pueden ser de utilidad a nivel más general en el área educativa. A continuación, se resumen los materiales que son potenciales constructores de una plataforma didáctica de materiales que pueden ser útiles para los profesores principiantes en planes de formación diseñados con alguna de estas perspectivas de análisis y desde el aprendizaje a través de la reflexión sobre la praxis. En función de la búsqueda de materiales para el diseño de estrategias, secuencias didácticas, talleres, o planes de formación, la investigación proporciona:

- Las unidades didácticas diseñadas para ser usadas por el docente en formación, que pueden ser útiles en el contexto de enseñanza donde se realizó el estudio; y en contextos similares pueden servir para hacer ejercicios iniciales, mientras obtienen sus propias unidades didácticas. El contenido de la investigación, ha tratado de ser lo más descriptivo posible para guiar los análisis con los pasos realizados para obtener los resultados; de forma que sirva de base para contrastar, buscar diferencias, generar procesos de discusión que promuevan la reflexión docente.
- Las tablas de categorías, cuya función de ordenar el proceso reflexivo hacia la escritura descriptiva de lo analizado ha sido comprobado aquí. Estas son útiles para caracterizar las explicaciones desde ciertos puntos de vistas (didáctico, argumentativo, multimodal). En especial las categorías multimodales, que fueron resultado de la investigación. La investigación logró diseñar una metodología que puede aplicarse para analizar las explicaciones del profesor, desde los modos comunicativos que utiliza para crear significados y mantener la atención de los estudiantes; y separarlo de las otras categorías en las que interviene igualmente.
- Las herramientas didácticas para dar soporte visual a las interpretaciones realizadas sobre la historia explicativa. Para la investigación es importante obtener, un resultado que pueda ser discutido entre compañeros, que sea productivo en la generación de ideas

y reflexiones. El *tablero modal* es fácil de llenar y proporciona información de forma relativamente rápida, y lleva a la interacción multimodal con un el conteo de elementos agrupados para realizar el *esquema de barras modales*. Es un recurso que da soporte a la descripción de la interacción multimodal que se desarrolla en la construcción de la historia explicativa.

- El elemento más complejo de obtener es la *gráfica de trayectoria de la historia explicativa*, esta proporciona una riqueza en los análisis y es gran potencial generadora de discusión, con todo el proceso que involucra, que alimenta de forma reflexiva el hacer docente. Se presenta la sistematización hacia la gráfica, primero se realiza la descriptiva del análisis didáctico y multimodal, que ayuda a distinguir las etapas de la historia y los momentos de tensión (generados o resueltos), y luego se concreta a través de la construcción y llenado de la tabla Historia/tensiones.

En la tabla 9.17 se describe lo anteriormente mencionado, presentando los materiales que ofrece la investigación y que son potenciales constructores para una plataforma didáctica de diseño de planes de formación desde el análisis y el aprendizaje a través de la reflexión sobre la praxis.

Tabla 9.17. Recursos que pueden servir como plataforma didáctica o base de trabajo para los aprendices, para ser usadas en estrategias de formación docente.

Unidades didácticas	1. Carga eléctrica	Tablas (6.2, 6.5, 6.8, 6.11, 6.13, 6.15, 6.17 a 6.25) – Montse Tablas (6.26 y 6.28) – Pere Tablas (6.30 a 6.37) fig6.9 – Laura
	2. Líneas de campo eléctrico	Tablas (7.2 a 7.11) – Laura Tablas (7.16 a 7.23) – Pere Tablas (7.30 a 7.39) – Montse
	3. Flujo y ley de Gauss. Pere	Tablas (8.2 a 8.9) – Pere
	4. Flujo y ley Gauss. Montse	Tablas (8.17 a 8.27) – Montse
	5. Flujo eléctrico. Laura	Tablas (8.35 a 8.42) – Laura
Tablas de categorías	Didáctico comunicativo	Tablas 4.2 y 4.3
	Retórico argumentativo	Tabla 4.4
	Multimodal	Tabla 4.8
Herramientas didácticas de expresión visual	Tablero multimodal	Figura 4.6
	Gráfica de trayectoria/tensión	Tabla 4.11 y figura 4.7
	Esquema de barras modales	Tabla 4.10
Esquemas visuales usados para analizar o representar la historia argumentativa	Descripción de la explicación	Ej. Figuras 6.2, tabla 8.12 a
	Tesis-Premisas-Argumentos	Ej. Tablas análisis:6.6, 6.7, 6. 27
	Construcción de tesis-premisas	Ej. Figuras 6.3a y 6.3b,
	Interacción de Argumentos	Figuras (6.4 a 6.8, 6.10 a 6.12)
	Inter. escenarios-tesis-argumentos	Ej. Tablas (8.11 a, b, c y 8.12 a, b)

Fuente: elaboración propia

Un aporte de esta investigación es el conocimiento adquirido debido al análisis sobre el proceso de enseñanza, que se contrasta con el propio. Los resultados de la investigación abren nuevos caminos para la formación de profesores de física con el fin de mejorar su praxis, en relación con sus capacidades comunicativas para la construcción de un discurso que podría ser efectivo para una audiencia específica.

10. Conclusiones

✚ En este capítulo se presentan las conclusiones de la investigación. Se realiza una mirada hacia los resultados obtenidos y que responden a los objetivos iniciales planteados en el capítulo 1. Desde la perspectiva didáctica con la construcción de las unidades didácticas y las formas de intervención didáctica del profesor en el aula, desde la perspectiva retórica argumentativa, la perspectiva de los modos comunicativos, y desde la dimensión gráfica, desde la representación dinámica multimodal de la historia explicativa, caracterizando a la actuación del profesor, a lo largo del tiempo y/o del contenido específico. Se discuten sus implicaciones para la formación del profesorado. En la parte final se presentan las actividades relacionadas con esta investigación presentando publicaciones en congresos, revistas y capítulos de libros entre otros.

10.1 Introducción

La investigación cumple con el objetivo general, presenta hallazgos que permitieron **caracterizar la construcción de la historia explicativa en el aula**, desde varias visiones **analizando la actuación docente de tres profesores** (adscritos al departamento de Física de la Facultad de ingeniería de la Universidad de Carabobo en Venezuela) **y conocer aspectos significativos: didácticos, retórico - argumentativos y multimodal que intervienen; mostrando a) la complejidad de la actuación docente b) la triangulación de dimensiones de análisis, c) técnicas gráfico-descriptivo del hacer docente desde diferentes perspectivas y diversa granularidad, y d) elementos extraídos en su contexto; que puedan ser útiles en el diseño de actividades de formación didáctica específica para la mejora de la práctica**

docente. Aunque se han logrado los objetivos, la investigadora considera que esta investigación abre puertas, para continuar desarrollando los aspectos teóricos y metodológicos, aquí estudiados y extender las perspectivas de análisis hacia otras áreas que complementen la investigación, desde el propósito de resaltar el conocimiento del profesor universitario que muestra en su quehacer docente, y proporcionar a partir de analizar su actuación en el aula, elementos que aporten pistas en el desarrollo y la mejora de la práctica educativa, como comunidad desde su contexto laboral.

A continuación, se presentan las conclusiones desde los objetivos específicos de la investigación

10.2 La construcción de las unidades didácticas

La investigación logró cumplir con la primera parte del objetivo A: **la construcción de las unidades didácticas**, tal como se realizaron en función del **saber situado**, a partir de las clases realizadas por profesores en el contexto de interés, e ilustradas. Estas unidades proporcionaron el saber dado del profesor de Física de un contexto educativo específico y para estudiantes entre ciertas edades; que sirvieron de base para aplicar las categorías de análisis (desde diferentes perspectivas), y obtener elementos característicos de la actuación del profesor en el aula, para la enseñanza a nivel del contenido, a nivel de la audiencia a quien va dirigido para formar futuros ingenieros.

Para un profesor en formación de ese contexto educativo, en un futuro plan de formación docente, la investigación presenta un diseño que contiene el texto verbal del profesor, comentarios que describen la actuación, imágenes reales del momento en el sitio de trabajo del “profesor de referencia”; que lo hace interesante y atrayente.

Respecto a la selección de segmentos, al tomarse con propósitos variados, y en profesores diferentes, proporcionaron mayor variedad de respuestas en los análisis. Esto se observa en los comportamientos de las trayectorias narrativas, que variaban; lo que puede ser un indicativo de una buena selección de los segmentos que formaron la unidad didáctica, al menos funcionales.

Respecto a la funcionalidad para la investigación, resultaron útiles y si no fuese por lo extenso que significa el análisis del discurso y su descripción en el proceso del análisis, registrar a cada uno de los tres profesores a lo largo de toda la asignatura. Se tomarían en cuenta otras acciones del profesor con sus estudiantes que ocurren en el proceso de enseñanza -aprendizaje,

no sólo la actuación docente sobre contenido, sino tomar en cuenta también las intervenciones de los estudiantes, las clases de ejercicios de los profesores, la organización de actividades que desarrollan en el aula, la evaluación, entre otros.

10.3 Conclusiones desde las categorías didácticas

La investigación logró cumplir con la segunda parte del objetivo A, **identificó y caracterizó las formas de intervención didáctica del profesor, encontrando similitudes y diferencias entre las explicaciones de los tres profesores**. Las cuatro categorías que formaron las “formas de intervención didáctica del profesor” en la dimensión didáctica resultaron útiles, al aplicar los análisis y soportados con las partes descriptivas, para lograr el objetivo planteado, en la que como aspectos más destacados se tiene:

➤ **La retórica de la enseñanza en el aula.**

Los profesores dejan ver o exteriorizan acciones que demuestran su interés en que los estudiantes avancen junto a cada uno de ellos a medida que van construyendo sus explicaciones. Aunque con características un poco diferentes por personalidad.

Los elementos obtenidos con el análisis de la actuación del profesor en esta categoría confirman que esta categoría es importante, y que los profesores toman en cuenta los aspectos emocionales de los estudiantes para lograr captar su atención, y prepararlos para la explicación. Esta comprensión del profesor y la acción son de destacar porque gran parte de lo que los profesores "saben y hacen" están conectados a sus propios estados emocionales y motivacionales, así como a su capacidad para influir en los sentimientos, motivos, persistencia y procesos de formación de identidad de sus estudiantes.

Se observaron las anticipaciones en los tres profesores, que enlazan las diferentes historias y van dando coherencia y continuidad a la explicación a lo largo de las sesiones de clase. Utilizaron los esquemas con títulos en la pizarra de lo dado en la clase anterior, enlazado con el contenido de la nueva explicación, se observaron los títulos en la pizarra para presentar el nuevo tema, el llamado a recordar explicaciones pasadas, o conectar a nuevos conceptos que se verán más adelante, en otra unidad del programa. Se observó una anticipación actuada imaginaria, de lo que van a realizar, usando la gestualidad y/o soportada con la representación con objetos para simular lo que a continuación va realizar y lo que se espera que suceda con la función de

preparar a la audiencia a hacer visible el proceso o las entidades en lo que vendrá y que esté atenta a observar.

En la generación de controversias se mezclan las formas de generar controversias y las intenciones de crear diferencias, con invitaciones a imaginar en conjunto, “imagínense que tenemos...”, o de forma implícita “qué sucede si...”, “vamos a pensar un momentico. A ver qué ocurre con”; o crear controversia de forma más interactiva con la pregunta directa “¿Qué sucede si ...?” generando expectativas, con el uso de la pregunta crítica, o directamente con la pregunta que espera respuesta.

➤ **Destaca, ordena y refuerza significados.**

Se observa cómo el profesor mantiene el hilo de la historia. Se observó el desempeño del profesor en mantener el orden de la explicación, **seleccionando ideas**, las anticipa con una pregunta o las describe en la pizarra con palabras o elementos claves y luego las presenta a través del dibujo sólo o combinado en secuencia o utilizando representación con objetos, se observa la analogía para introducir el concepto de flujo. En estas mismas representaciones o dibujos **resaltan ideas claves** con el uso de colores, el énfasis corporal y vocal mientras describe o define la entidad. Los profesores se destacan con estilos y fortalezas modales diferentes, así, Pere a través de sus dibujos muy bien realizados y detallados donde se representan los elementos bases para fundamentar el desarrollo teórico de la historia explicativa; Montse que busca la participación de los estudiantes, utilizando dinámicas con preguntas, busca entre sus respuestas términos para después contrastarlos o ponerlos en oposición con lo que están tratando y resaltar ideas claves; y Laura que resalta ideas claves a través del énfasis vocal, la repetición o cuando define o quiere resaltar que una idea es importante utiliza la voz de “dictado” en voz alta, marcando las sílabas y con el gesto de compas o beat. Su discurso verbal está apoyado en su entonación, la modulación marcada en su rostro al hablar y la escritura en la pizarra; Laura tiene como característica destacada que anticipa el escenario y recrea la entidad.

Los profesores **sondean significados** a través del uso de: a) preguntas cortas o preguntas tipo feedback “¿cierto?, ¿okey?, ¿sí?, ¿lo recuerdan?”, que les sirven para monitorear tensiones en la comprensión de su explicación, o censar al estudiantado lo que se conoce como el clima del aula; b) preguntas de evaluación para verificar la comprensión matemática “¿es coseno de cuantos grados?, ¿y cuánto me da esa integral? ¿y cuánto vale esa superficie?”, o para verificar la comprensión del uso de la entidad como “entonces ¿cuál superficie gaussiana es idónea?” y

recibir la respuesta?; c) preguntas de tipo guiada. En particular, Laura resalta con el manejo de las preguntas para censar la tensión en el aula, y si no recibe buen *feedback*, continua e insiste con preguntas inicialmente sencillas tipo guías, para invitar al estudiante a participar, hasta repetir el punto de tensión en la explicación y retoma la pregunta hasta obtener la respuesta del estudiantado.

➤ **Elaborar entidades**

La elaboración de entidades es un proceso complejo para describir, ya que junto a este proceso se desarrolla una dinámica de generación y manejo de tensiones, debido a la introducción de esta nueva entidad y su relación con las otras variables ya presentes. Los tres profesores desarrollan la explicación, en conjunto con el desarrollo visual de la entidad, la imagen no se coloca y luego se desarrolla la explicación, sino que el desarrollo de la imagen forma parte de la explicación.

Los profesores elaboran muchas entidades, y en este hacer se destacan las diferencias entre los profesores. La forma en que Pere se dirige a los estudiantes, demuestra preocupación por su comprensión, quizás parte de que a los estudiantes en general les es muy difícil la comprensión de la Física, les presenta los contenidos de una manera visual y muy organizada que parecen sencillos, a través del uso de dibujos, sin ser muy denso en las definiciones verbales, pero presentando todos los conceptos de alguna manera. Sin embargo, incluye en sus explicaciones temas que van más allá de lo establecido en el programa, en las aperturas y cierre se ha observado su intención de atraerlos hacia un conocimiento más amplio que proporciona *la Física como Saber* (capítulo 6) y presentando relatos que muestren a los científicos como personas comunes (la “trampa” de Gauss en el capítulo 8). Aparte de dedicarles tiempo en horas fuera de clases, con su estrategia de problemas que deben ser resueltas por los estudiantes, en una clase adicional hecha para ellos.

Montse toma en cuenta todo el tiempo la participación de sus estudiantes y los necesita involucrados junto con ella en la explicación, que escuchen su historia, los trata de *enamorar de la Física* a través de sus aperturas con la narración sobre fenómenos con la carga eléctrica presentes en el común cotidiano (capítulo 6), pero si los ve cansados, introduce una apertura para relajarlos, hacerlos sonreír, y estar finalmente dispuestos a atender la explicación. En la elaboración de sus entidades, verifica que estén dispuestos (prepara la audiencia) como ya se comentó, y cuando las presenta se interesa por hacerlas visibles ante sus estudiantes, para ello realiza representaciones con objeto, que le dan el carácter espacial de las entidades. Verifica la

comprensión de lo que está sucediendo espacialmente, Montse necesita que sus estudiantes “vean” la entidad en 3d, para ello usa las dinámicas de preguntas y respuesta.

Laura tiene un comportamiento más formal, de escribir todo en la pizarra, lo que no significa que no preste atención a sus estudiantes, al contrario, está muy pendiente de ellos y de su atención a la explicación, a través de la mirada muy especial que la caracteriza y que recorre a todo el estudiantado. Para Laura sus estudiantes deben ser los mejores ingenieros, les muestra en su hacer en la pizarra, que deben ser muy organizados al escribir, respetando la nomenclatura, la simbología matemática, el uso de las unidades en el sistema internacional, destaca por dar más contenido y extenderse en los ejemplos. Es exhaustiva en detalles al elaborar las entidades (ver capítulo 7 con las líneas de campo) y hace énfasis al igual que Montse en la visión espacial, pero se distingue su interés de que el estudiante tenga las herramientas para desarrollar la visión espacial, justificando y demostrando con la carpeta y el dibujo, la rotación de los ejes (capítulo 8) y poder hacer la trasposición del espacio tridimensional a diferentes vistas en el plano, que es un objetivo transversal en la profesión.

➤ **Promover aptitudes y habilidades propias de la ingeniería.**

Los tres profesores fomentan valores propios de la profesión, destacando la importancia del uso correcto de la nomenclatura en la escritura, el uso de expresiones simbólicas, gráficas y vectoriales y promueven el desarrollo de capacidades matemáticas para la resolución de problemas, le dan importancia a la notación vectorial y la expresión matemática. Resaltan a los estudiantes la diferencia al escribir las variables del producto de dos vectores con las flechas arriba o sin ellas. Expresan relaciones de forma matemática, el flujo puede ser igual a cero, positivo o negativo. Se observa la importancia de colocar nombre al vector, con su flecha arriba, o de usar la nomenclatura para referirse a flujo eléctrico “ ϕE ”, sobre el dibujo para hacer el enlace al desarrollo matemático.

Se observa la importancia dada en el discurso a los conceptos matemáticos básicos, se hace mucho hincapié en procesos que se supone están ya vistos, que los alumnos los utilizan desde hace dos semestres, haciendo ver de alguna manera que siguen siendo sus principales dificultades, como: el producto escalar, vectores, el sistema de coordenadas en el espacio xyz, área de una esfera, el ángulo que forma la línea radial del hemisferio, con la superficie, entre otros. Laura por ejemplo utiliza estrategias para desarrollar la visión espacial destacando en la

parte de traslación gráfico matemático de las vistas de un sistema y el análisis del comportamiento de las variables del sistema.

Los tres profesores con su hacer contribuyen a que el estudiante desarrolle su visión espacial. En la clase de electromagnetismo, sobresale: a) el uso vectorial b) el uso de sistemas tridimensionales que son difíciles de comprender mentalmente para los estudiantes, c) el manejo de conceptos abstractos como el flujo eléctrico. Y el profesor usa este conocimiento y se observa que los ejemplos e ilustraciones los trabaja reforzando su discurso con la combinación de diversas modalidades: la forma oral, con la pizarra y usando la representación con elementos físicos.

Los tres profesores desarrollan esquemas coherentes de análisis. A través de la explicación y el desarrollo del dibujo que acompaña a la explicación, se le da coherencia a los análisis, dibujando las variables que intervienen en la expresión matemática a utilizar, que justifica lo escrito. Ambos con el uso de la nomenclatura descriptiva correspondiente para todos los elementos que interactúan en dicho sistema.

10.4 Conclusiones desde las categorías retórico-argumentativas

La teoría de la argumentación de Perelman ha resultado ser una plataforma útil para analizar el discurso del profesor de física a nivel universitario; ya que nos permite caracterizar la historia explicativa desde un punto de vista retórico al tomar en cuenta: el grado de adaptación de discurso de los profesores a sus alumnos (la audiencia), el poder de convencimiento, los recursos comunicativos usados y su función y argumentativo, desde el punto de vista argumentativo cuando se identifican los puntos de partida, los argumentos usados, la interacción y el orden de los argumentos; para caracterizar el razonamiento del profesor en sus explicaciones de la física.

Pero así como hemos dicho en esta experiencia, que la teoría de la argumentación, nos da las directrices y sirve de plataforma para describir el discurso, ofreciendo un esquema de trabajo en el análisis del discurso, no hay que olvidar la importancia de la interpretación, y para ello hace falta además complementar la experiencia docente del investigador con el conocimiento de las teorías sobre los procesos de enseñanza- aprendizaje, para hallar mayor riqueza en la interpretación de la función didáctica que poseen los elementos empleados en el discurso del profesor.

La investigación logró cumplir con el objetivo B, se **identificaron y caracterizaron las historias explicativas de los tres profesores según los elementos retóricos-argumentativos presentes para que sea consistente y convincente**. Representa la categoría más compleja a nivel de análisis e interpretaciones desde una teoría del discurso, a la cual se le dedicó mucho tiempo para presentarla en una forma que fuese amigable, para mostrar cómo se logra el objetivo planteado, en la que como aspectos más destacados se tiene:

- **Identificar y caracterizar las tesis, premisas y argumentos en las que se apoya la historia explicativa, la presencia en las formas de presentarla y la creación de la comunión entre profesor y auditorio (B-1 y B-2).**

En las tesis, se observa la selección y construcción de las tesis que va determinando la secuencia y orden del discurso; estas tesis se rigen principalmente por el programa curricular de electromagnetismo, diseñado en el departamento, complementado con el conocimiento de los programas curriculares que le preceden, como física-mecánica y cálculo vectorial. Se identificó en la explicación el desarrollo de una tesis dentro de otra, es decir tesis que a su vez sirven de premisas en el desarrollo del discurso; concatenándose una “subtesis” dentro de otra, hasta lograr a desarrollar la tesis principal, como es el caso de los conceptos de flujo eléctrico, y vector de superficie, contruidos durante el discurso.

Respecto a las premisas, se observan tres tipos de premisas: la **premisa básica** (conocimiento supuesto) formado por los conceptos tomados como prerrequisitos curriculares; conocimientos que en general se asumen como “perfectamente claros” y entendidos por el alumnado, aquellos de los que se conocen todos los casos de aplicación; luego están **las premisas de la unidad** (conocimiento reciente) dadas desde el comienzo de la unidad y a las que se hace necesario reforzar, y **las premisas a desarrollar** (conocimiento por construir), que vienen a ser **tesis** que al desarrollarlas se convierten en premisas de nuevos episodios; y que se observan insertadas de forma secuencial, y coherente según el orden dado por el profesor.

En la forma de presentar la historia, se distingue la **creación de la presencia** y cómo interviene **la multimodalidad en la construcción de los argumentos**. El profesor utiliza variadas técnicas para dar presencia a las premisas, el cambio de tono en las voces, gestos, la inclinación de su cuerpo, envolviendo a los estudiantes dentro de la explicación que pasarán a ser considerados como un todo. Los modos de representación utilizados fueron: a) representación espacial, a través de la recreación en escena, b) el uso del cuerpo y los brazos para dar presencia a la direccionalidad del vector campo eléctrico y el vector área, c) la representación espacial, el uso

de objetos imaginarios y objetos físicos, d) la representación en la pizarra con dibujos, usando colores y utilizando también objetos físicos. También lo logra a través de la pregunta, la analogía, la repetición, la nomenclatura matemática. De esta manera, muchos recursos multimodales están interactuando y los estudiantes son involucrados e integrados dentro de este sistema imaginario. La combinación dinámica de recursos multimodales en la acción de los docentes refuerza la presencia de flujo eléctrico a los estudiantes, facilitando la construcción de significados.

En cuanto a las estructuras argumentativas, se observa lo esperado en un profesor de ciencias; ya que forma parte del lenguaje propio y es la utilización de **argumentos cuasilógicos** con enlaces de tipo **matemático**, como las deducciones matemáticas y comparaciones, y con enlaces de tipo **lógico**. En los **enlaces que se basan en la estructura de lo real**, se observa y destaca como es esperado en clases magistrales **el argumento de autoridad**. Se observa el uso del concepto cualitativo de flujo para presentar las premisas o tesis, y luego el concepto usando las relaciones matemáticas entre las premisas; justificados ambos con el **argumento de doble jerarquía** por proporcionalidad conectando flujo eléctrico y número de líneas que atraviesan la superficie, o flujo eléctrico con los elementos vector superficie, campo eléctrico; así se razona si la superficie es menor, el flujo será menor. a mayor intensidad, mayor será el flujo.

En los **enlaces que fundamentan la estructura de lo real**, se presenta el discurso muy apoyado en argumentos visuales en la ilustración, el ejemplo, la demostración con objetos y la analogía. Estos argumentos al ser de tipo visuales aumentan la presencia, conectando con ayuda de un caso particular una regla abstracta, que tiende a hacer visibles las entidades. Se observo: **La ilustración** para crear la adhesión al tema en discusión, como, por ejemplo, cuando “crea la imagen” de un campo eléctrico en el salón al describir las “líneas que atraviesan al salón haciendo visible un concepto abstracto, o representando el ejemplo dado en la pizarra, ahora con elementos físicos, como la carpeta, el borrador, el aula. La **ejemplificación** para fundamentar las premisas y dar continuidad al contenido del discurso, acompañada siempre de la ilustración; se observa el ejemplo del hemisferio para establecer una metodología de trabajo gráfico y matemático en la determinación del vector superficie y la expresión de su diferencial; el ejemplo del cubo comenzó como una ilustración para reforzar la comprensión de la determinación cualitativa del flujo eléctrico y terminó englobado en un ejemplo para visualizar y fundamentar el estudio sobre un sistema formado de un conjunto de superficies. **La analogía** entre: “flujo magnético - flujo eléctrico”, “líneas de campo eléctrico - líneas de inducción de campo magnético”, “campo eléctrico - campo magnético”. O la analogía de la espira, la superficie, o el plano cargado con la carpeta. En el ejemplo del cubo, cuando establece una estructura similar

más simplificada para propiciar la comprensión del sistema inicial. **La demostración usando objetos** que aún falta por definir más concretamente, y que es utilizada por Montse para describir las características de la carga, simulando y luego haciendo un experimento con una varilla plástica y un trozo de poliespán.

La comunión con la audiencia. El profesor mantiene la comunicación con su auditorio para la redirección del discurso, su orden y continuidad a través del feedback del contacto visual, o con el uso de la repetición y de la pregunta retórica, siempre buscando mantener la comunión del auditorio. Se detectan estrategias concretas para lograr la comunión con el auditorio, como el hacer uso de preguntas retóricas, el uso de la primera persona del plural incluyendo así al oyente dentro del discurso.

- **Caracterizar y describir las estructuras argumentativas o macro argumentos en el desarrollo de las tesis de la explicación, identificando los argumentos que los componen (B-3) e identificar similitudes y diferencias entre las explicaciones de los tres profesores (B-5).**

Este logro se muestra en el capítulo 8. Se logró caracterizar los macro argumentos, y los argumentos que los componen, para ello resultó de mucha ayuda el procedimiento: hacer las descripciones en los apartados que acompañaron a las unidades didácticas marcando las tesis y argumentos en el capítulo 8, luego realizar la *descriptiva* presentando la historia en función de los escenarios, y en cada uno ubicar las tesis con la estructura: “premisas-tesis-argumentos”, y finalmente conseguir una forma de representación que los agrupara y presentara la visión global.

En el capítulo 9 y con base al procedimiento seguido anteriormente en el capítulo 8, se presentaron las similitudes y diferencias entre los tres profesores.

- **Representar de forma esquemática o tabulada, historias o segmentos de historias explicativas, tal que describan la interacción de argumentos y su secuencialidad (B-4).**

Se realizaron varias formas de representación. En el capítulo 6, se muestran formas en que se estructuran e interactúan los argumentos, muy útiles para el estudio en cuanto a la reflexión e información visual y de contenido que ofrece.

La forma más estructurada y que, a pesar del proceso complejo de análisis e interpretación e identificación de tesis, argumentos, etc., resume de forma eficiente en una sola página una visión argumentativa de la historia, fue el empleado utilizando las tablas del capítulo 8.

Otra forma de representación fue en función de una figura con los escenarios utilizando bloques grandes de color azul (el azul oscuro representa el uso del dibujo en la pizarra y el azul claro el modo de representación usando objetos), acompañados con un resumen descriptivo: tiempo en episodios, número de escenarios. Que también fueron útiles en la descripción visual de las historias y obtener información de los elementos característicos y compararlos.

10.5 Conclusiones desde las categorías Multimodales

La investigación logró cumplir con el objetivo C: *caracterizar los elementos multimodales utilizados por el profesor en la explicación, a lo largo del tiempo y/o del contenido específico, a partir de:*

- **Describir la actuación del profesor de forma visual. La puesta en escena de la historia explicativa (C-1).**

La puesta en escena en esta investigación, constituyó un recurso para obtener de manera resumida y visual, la descripción de la actuación del profesor; que sirvieron de base para aplicar las categorías de análisis (desde diferentes perspectivas), y obtener elementos característicos de la actuación del profesor en el aula, para la enseñanza a nivel del contenido, a nivel de la audiencia a quien va dirigido para formar futuros ingenieros.

- **Identificar, siguiendo el orden de la historia explicativa, los modos comunicativos utilizados por el profesor y que caracterizan su actuación en el aula (C-2).**

La gestualidad. Se observa la importancia de la expresión corporal con la gestualidad, desde lo más común y predominante en los tres profesores que fue el gesto apuntador, y el gesto narrativo junto con el que acompaña a las onomatopeyas que lo utilizan las profesoras Montse y Laura; hasta grandes representaciones realizadas por los tres profesores como por ejemplo el transformarse en la carga puntual, o representar un cubo imaginario que encierra la carga puntual en el centro del aula. Y aparece el gesto clásico de dictado, con énfasis facial y vocal en las palabras, marcadas con el gesto batuta o con el cuerpo. La que presenta mayor gestualidad

narrativa fue Montse, es una característica de su forma de dar la explicación, todo lo representa o materializa de alguna manera soportada en una gestualidad narrativa que dibuja en el aire las entidades.

La escritura. Los tres profesores, son cuidadosos y respetan la escritura vectorial, identificando cada vector dibujado y colocan la flechita arriba a la variable vectorial, presentan los vectores con su nombre al dibujarlos, concordando con el nombre que aparece en el desarrollo matemático, lo que reviste de coherencia matemática. En la escritura descriptiva, Laura le cede un puesto de gran importancia, todo queda escrito en la pizarra y de forma organizada.

La explicación verbal, viene acompañada de ciertas acciones, como gesticular o mostrar un dibujo o representación visual, que funcionan como conectores o *enlaces* que contextualizan y vinculan las acciones al concepto (por ejemplo, el flujo y su relación con los tres elementos). Por lo tanto, cierto gesto o imagen se vuelve significativo cuando se dice algo junto con él que lo conecta con otras modalidades.

La relación entre la escritura *descriptiva*, la *nomenclatura*, el uso de los *símbolos matemáticos* gráficos en la pizarra, proporciona una forma reflexiva y sistemática de gestionar la complejidad de las relaciones entre las entidades involucradas en la explicación. El uso de una formulación escrita para unir los significados orienta los procesos hacia la construcción de significados. Así es como el texto escrito sirve como un recurso para relacionar simultáneamente todo el diálogo hablado en un significado intertextual coherente, así como ofrece una contextualización para mediar en un diálogo posterior.

La dificultad en los estudiantes puede ser distinguir los diferentes significados de las expresiones matemáticas. Es por ello que se observa cómo los profesores en su hacer son detallados en la formulación del problema, dedicando un espacio para presentar a las variables en un dibujo, o una representación; describirlas y luego cuando están en el desarrollo matemático, regresan hacia el dibujo o la representación con objetos, para dar claridad por medio de los *enlaces* que integran el texto escrito, lo verbal, el simbolismo matemático, y el dibujo o representación visual, para contribuir así en la creación de significados en ese proceso de comprensión necesario del sistema que se analiza y que se destaca aún más en la resolución de problemas. A través de la pizarra, el profesor enseña la forma de la expresión escrita del ingeniero. Se está enseñando al estudiante a cómo expresarse por escrito en física, que a su vez le servirá de base para las demás asignaturas a estudiar ya que abarca: la presentación de conceptos, el alcance de la definición o descripción de un concepto, la formalidad de la

expresión de las magnitudes físicas, nomenclatura, simbología, expresión matemática, notación vectorial, unidades en el sistema internacional, resolución de problemas. **Escritura y gráfica en la resolución de problemas** se destaca la forma y el orden en que el profesor realiza los razonamientos y los plantea sobre la pizarra a través del dibujo; dando presencia al hacer que identifica a esta comunidad científica. y a la manera en que debe ser colocado al ser escrito en su cuaderno; llevando la acción a ser una forma de presentar “cómo escriben los ingenieros o físicos” dando así relevancia al orden de escritura, la forma correcta de expresarse por escrito en la ingeniería, bien sea en las evaluaciones, en el desarrollo de informes o planteamiento de problemas.

Una categoría nueva que salió de los análisis, los enlaces: surgió a partir de observar cómo aparecía en la explicación y se repetía en los tres profesores. Se observa cuando se cambia de modo, del dibujo a la escritura, por ejemplo, que aparece un gesto apuntador que enlaza las variables o la idea. No es sólo a nivel verbal, sino que se acompaña de gestos o representaciones con objetos que enlazan las ideas presentadas en la pizarra y hacia la escritura matemática, queda de tarea estudiarla un poco más y encontrar más formas de conexión entre los modos que le dan coherencia a la historia explicativa.

El dibujo. Esta categoría fue muy detallada en el capítulo de resultados. Donde resulta interesante el **dibujo en desarrollo**, usado por los tres profesores, Laura con las características de las líneas de campo, y Pere y Montse con el dipolo. En los **dibujos en secuencia** Laura y Pere destacan por la cantidad de dibujos colocados en secuencia para observar un cambio, y en el **dibujo en secuencia con la vista de perfil**, destacan los tres profesores, pero Laura es más formal al detallar cómo se realizó este cambio.

La cantidad de detalles en los dibujos los hace interesantes para seguir estudiando su uso y organización en la pizarra. Se han mostrado ejemplos de los tres profesores, en la organización de la pizarra en la resolución de problemas. En Laura sólo es un ejemplo, pero se pudo observar a Montse en el capítulo siete, y a Pere con la carga en el capítulo ocho. Y se puede decir, tomando en cuenta el tiempo empleado, que el profesor dedica dos tercios de la resolución del problema para describir el sistema, dibujar y/o representar con objetos para presentar las variables a analizar, y es sólo al final cuando utiliza fluidamente la pizarra para desarrollar matemáticamente y resolver el problema.

La representación con objetos físicos o imaginarios. Se observó que este tipo de representaciones resulta muy útil para construir significados entre entidades que interactúan en

un sistema dado, además de provocar mayor dinamismo a la clase, con la atención del estudiante tratando de *ver*, lo que el profesor describe en su actuación. Es el modo característico de Montse para provocar la interacción y lo acompaña de preguntas y respuestas para validar que la siguen.

En los modos comunicativos, la categorización no está terminada, hay que seguir desarrollando historias explicativas, con el fin de diversificar y encontrar nuevos modos de comunicación. Dentro de los clasificados u otros que no hemos observado en este estudio.

➤ **Identificar y caracterizar la interacción de los modos comunicativos en la construcción de la explicación del profesor a lo largo de la historia científica (C-3).**

En los tres profesores se observa la interacción multimodal, que va marcando una especie de ritmo describiendo la dinámica de la historia. Esta interacción aumenta generalmente al inicio de un problema o ejemplo, que inician con la parte descriptiva la presentación de entidades en el gráfico. Por ejemplo, Laura, utiliza el dibujo como base de la explicación y complementa con la representación con objetos para dar claridad al dibujo. La repetición cuando está presentando un concepto, es una característica en Laura, y lo realiza en diversas etapas de la explicación usando otros elementos. Montse hace uso de la repetición multimodal, retorna a la misma explicación usando otros recursos modales, donde resalta la representación con objetos reales o imaginarios y su gestualidad, destaca la rapidez en los cambios de representación, acompañados de preguntas para crear controversias, revistiendo de una gran intensidad.

Se observa una característica común en los profesores, la redundancia de las estrategias, el profesor expresa una idea múltiples veces y de múltiples formas, esto produce que el discurso de los docentes sea redundante. Pero como expresan Castellá, Comelles, Cros y Vilá (2007) en este tipo de comunicación, la redundancia es necesaria cuando se persigue el objetivo de hacer comprender unos conocimientos que se supone que el destinatario no posee.

Estas características obtenidas se reforzaron y confirmaron al cruzar lo observado desde el tablero modal, con el esquema de barras modales en la dimensión T.

➤ **Identificar similitudes y diferencias entre los profesores, según las características multimodales, en el desarrollo de las historias científicas (C-4).**

Los profesores marcan su personalidad a lo largo de los análisis de sus explicaciones. Esto no quiere decir que utilizan igual combinación de modos, para todos los segmentos de la historia. Dentro de las explicaciones analizadas se observó:

Pere es el más joven de los profesores, sin embargo, muestra habilidades en la docencia y gran preocupación por la comprensión de sus estudiantes. Presenta un esquema de trabajo más constante, muy ordenado en la pizarra, buena letra y apoyado en buenos dibujos, para presentar, comparar y diferenciar las entidades o justificar las relaciones matemáticas sobre las entidades dibujadas. Pero también puede pasar al modo de representación cuando el dibujo en el plano no lo ve suficiente, para hacer visible las entidades en el espacio. Lo caracteriza la pausa, usada para marcar un inicio de clase o cambio de tema, o para dramatizar la representación. Utiliza la pregunta retórica para confirmar la comprensión, y la pregunta que hace pensar para conectar un nuevo escenario o concepto a la historia.

Laura es la de mayor experiencia, y demuestra un alto dominio de lo que desea conseguir en el estudiante, con una supervisión completa del estudiantado, al realizar su explicación muy detallada y desarrollada, abarcando al máximo el contenido programático, mostrando orden en la pizarra y un desarrollo por procedimiento que ella misma comenta y recomienda seguir. La distingue la escritura descriptiva en la pizarra y el uso de las preguntas de varios tipos para sondear a los estudiantes. En cuanto a la combinación de modos comunicativos, Laura los puede cambiar según el propósito de la explicación, se observó que, en la teoría de líneas de campo, se soportó básicamente en la pizarra, con escritura descriptiva, dibujo en desarrollo, representación y preguntas. En el concepto de flujo utilizó varios escenarios del plano, con dibujos y con representación con la carpeta. Se destaca la especificidad en la explicación para mostrar el procedimiento de rotación de ejes en los estudiantes, resaltando que para Laura es importante ese conocimiento en los estudiantes. Desde la interpretación de este estudio parece exigir un nivel mayor de comprensión, habilidad procedimental, y visión espacial fundamentada en este caso con los ejes coordenados y simbología gráfica. Laura espera obtener el máximo de lo que pueden dar a los estudiantes hacia su desarrollo como ingenieros.

Montse su fortaleza es la gestualidad narrativa, la representación y esa continua búsqueda de participación de los estudiantes. La distingue su sentido del humor, y su discurso narrativo descriptivo. Montse ha sido versátil, las explicaciones analizadas, en la carga eléctrica, inicia

con una narrativa descriptiva desde lo común y cotidiano, con representación corporal con objetos imaginarios, ideal para motivar al estudiantado e introducir el tema; luego, cuando presenta los conceptos lo ha realizado muy formal apoyada en la escritura en la pizarra e imágenes de láminas con el retroproyector. Se ha observado para el concepto de flujo, utilizando dibujos y representaciones con objeto sobre el dibujo, en el ejemplo de Gauss para la carga puntual, se basa en el dibujo y desarrollo matemático, y finalmente en la resolución de problemas con una mayor intensidad en la cantidad de representaciones con objetos usados; sobre el dibujo o solos. Su fortaleza en la cual soporta más repetidamente su explicación es la representación con objetos físicos o imaginarios.

10.6 Conclusiones desde las categorías Trayectorias

La investigación logró cumplir con el objetivo D: desde la representación de la **trayectoria narrativa de la dinámica explicativa**, caracterizar la actuación del profesor, de forma esquemática o gráfica, que muestre el desarrollo a lo largo del tiempo y/o del contenido específico. En las propuestas de dimensiones de análisis y de objetivos presentados al inicio, aunque han presentado resultados, que responden a los objetivos tipo A, B y C, es mucha la información que no queda organizada y ahora ¿qué hacer con tanta información? Cómo transformar esta información en un formato gráfico que permita desde los resultados describir la historia explicativa en forma secuencial en el tiempo.

Uno de los resultados más interesantes está en lograr una forma de representar cómo se desenvuelve el hilo de la historia, y se va construyendo así la explicación. Y surge así la dimensión T de análisis que contemple la utilización de esquemas, tablas o gráficas para describir la dinámica del desarrollo de la historia explicativa y qué describe la dinámica que la hace mover y desarrollarse en el tiempo. Esta dimensión de las Trayectorias ha sido elaborada desde dos miradas complementarias:

- **Desde la didáctica / retórica del aula con las gráficas de trayectorias que representan la generación/resolución de tensiones cognitivas y comunicativas a lo largo del tiempo** (objetivo D-2), que son dibujadas a partir de identificar cómo el profesor interviene para mantener el desarrollo de la explicación, generando y resolviendo las tensiones cognitivas que van construyendo el desarrollo de la historia, tomando en cuenta su hacer didáctico y multimodal (objetivo D-1). Se mostró un proceso exhaustivo con las dimensiones didácticas combinadas con las multimodales, para realizar una etapa descriptiva de análisis

de tensiones cognitivas. Se siguió un procedimiento que resultó útil para el estudio, y utilizando un criterio sencillo de rampas subiendo para generar tensión y rampas bajando si se resuelve el conflicto cognitivo, se realizó la gráfica.

La gráfica de la trayectoria narrativa logra dar orden a los análisis y presenta en una imagen la comprensión del proceso de construcción de la historia

- **Desde el uso de los modos comunicativos y su interacción a lo largo de la historial con tablas o esquemas de barras modales que representan la historia explicativa** en función de la interacción entre los modos comunicativos a través de un esquema de barras que se identifican en episodios a lo largo de las historias. (objetivo D-4). Este proceso resultó un poco más sistematizado, apoyado en el tablero multimodal, y una hoja de cálculo, se realizó el trazado de las interacciones comunicativas en la historia. Este método presenta un gran valor por ser más amigable en el manejo, la sencillez del procedimiento y la gran información visual proporcionada sobre la historia.
- **Desde identificar similitudes y diferencias entre las gráficas de tensiones de las explicaciones según los propósitos de enseñanza** (objetivo D-3). Estas similitudes y diferencias se presentaron en el capítulo siete comparando las gráficas respecto al propósito de la explicación, aunque no se pueden tomar como definitivas, sin embargo, se observó menor dinámica al describir las características de una entidad (líneas de campo), la cual se observó mayores quiebres en la presentación de un ejemplo matemático, y mucho más en la resolución de problemas que concuerda con la dinámica observada.

La gráfica cambia según el propósito de la explicación. Con la información de las trayectorias obtenidas, hay indicios que la complejidad de estas gráficas está relacionada con el objetivo de la explicación. Aunque directamente están relacionadas con las tensiones, y estas son multiplicadas en la resolución de problemas donde se observa mayor dinamismo en la actuación de los profesores.

Este objetivo enriqueció la investigación aportando herramientas didácticas, y un nuevo aspecto que continuar desarrollando, y estudiando con otras historias.

10.7 Conclusiones hacia el diseño de materiales de formación docente

De esta investigación se obtienen muchas **herramientas didácticas**, la primera el juego de **tablas de categorización** elaborado para el estudio, que, aunque las tres perspectivas se mezclan (por ejemplo, la multimodalidad y la retórica están en todas), se logró conseguir un esquema separado para cada una y que funcionara con cierta autonomía una de la otra; y cuya función de ordenar el proceso reflexivo hacia la escritura descriptiva de lo analizado ha sido comprobado aquí.

Las unidades didácticas diseñadas para ser usadas por el docente en formación, que pueden ser útiles en el contexto de enseñanza donde se realizó el estudio; y en contextos similares pueden servir para hacer ejercicios iniciales, mientras obtienen sus propias unidades didácticas.

El tablero modal. Es un soporte de análisis versátil útil como material didáctico para las tres dimensiones. Uno de los resultados más importantes fue el encontrar una forma de representar la multimodalidad de forma tabulada con filas columnas, pero de una forma visual, con el tablero modal que ayuda al interpretador a ubicar visualmente las zonas más dinámicas modalmente. Este tablero modal acompañó a las otras categorías.

Ahora bien, el segundo nivel de análisis con la dimensión T, presenta dos métodos de graficar a la historia explicativa.

La Grafica de trayectoria, que por ser un proceso cualitativo y de la interpretación de quien analiza la historia, su resultado para una historia no es único, lo importante es ordenar la interpretación de lo observado, donde justificar la generación o resolución de tensiones o conflicto cognitivo en el desarrollo de la historia, ayuda a realizar la gráfica de trayectoria. La gráfica de trayectoria utilizada como herramienta didáctica para un taller con un grupo de profesores, aporta a través de “un dibujo” información del proceso de análisis del aprendiz, sobre cómo visualiza esa historia, cómo interpreta la actuación en el aula para que el protagonista impulse la historia, o resuelva situaciones; ese justificar con las bases didácticas y multimodales enriquece la discusión, y la convierte en una herramienta útil que puede ofrecer bases para obtener un proceso generativo de conocimiento y reflexión. El elemento más complejo de obtener es la gráfica de trayectoria de la historia explicativa, esta **proporciona una riqueza en los análisis, es gran potencial generadora de discusión, con todo el proceso que involucra y alimenta de forma reflexiva el hacer docente**. Al presentar la gráfica de trayectoria,

comparado con el tablero modal (se puede verificar, ordenar o reajustar la curva graficada en la trayectoria).

El gráfico de barras modales. Esta herramienta didáctica resultó ser importante para dar soporte visual de una forma gráfica, a las interpretaciones realizadas a través de los análisis expresados en los apartados descriptivos de la dimensión multimodal. Es una forma de expresar rápidamente lo observado, en cada etapa de la explicación y muestra en función del número de modos que aparecen y su altura, cual es la etapa de mayor dinámica modal. Lo importante es separar la historia según las partes, etapas, objetivos o escenarios de la explicación, y el resto es agrupar y contar sobre el tablero modal.

10.8 Conclusiones a modo de cierre

Con una tesis tan compleja, al final son cuatro dimensiones de análisis y varios objetivos para cada dimensión, tres profesores explicando tres temas de diferente contenido de física, es mucha información para ordenar, simplificar, hacer elección, y conseguir resultados de síntesis que nos lleven a las conclusiones. La elección de tres perspectivas teóricas para concretar las dimensiones de análisis ha sido buena, una de las dificultades presentadas es el trabajo artesanal que hay que realizar para mantener el criterio de presentarlo amigable a un docente no investigador, son muchas herramientas utilizadas, muchas clasificaciones, trabajar con tres o más archivos a la vez, muchos dibujos a realizar, tablas. La otra dificultad y a la vez un logro fue separar y definir las categorías en las perspectivas, lo que da mayor claridad a los resultados. Pero creo que se logró el objetivo de extraer resultados y conclusiones generales interesantes para la comunidad de investigadores en didáctica de las ciencias, que podrán servir también a otros ámbitos de conocimiento. Y esto también es una conclusión muy interesante.

No existen muchas investigaciones a nivel universitario. La investigación presenta aportes para la línea de enseñanza de las ciencias a nivel de educación superior o universitaria. En el contexto de la investigación, desarrollar herramientas y técnicas de aplicación de análisis discursivo centrado en el docente, en el contexto de pertinencia docente, aportar elementos que puedan ser aplicados hacia la mejora educativa del profesor de física para ingeniería; en el contexto personal, reconocer la labor del docente. Ofrece herramientas, y metodologías que pueden ser aplicadas. La investigación, dentro de la línea del análisis del discurso, es de gran relevancia académica ya que pretende encontrar una herramienta de análisis que integre teorías

de diferentes ámbitos de aplicación que sea útil para el análisis de la actuación del profesor de una materia específica en el aula. La investigación toma en cuenta diversas perspectivas de análisis del discurso, algunas poco usadas en la enseñanza de la física (Ej. retórica argumentativa, los escenarios, la actuación teatral) que, combinadas con la perspectiva multimodal, no han sido usadas a nivel universitario. La investigación tomó criterios de representación y trabajó en el diseño visual, que podrían ser de utilidad como material de referencia para el diseño de otros trabajos.

Para la comunidad investigadora, el desarrollo sobre la línea de investigación de análisis del discurso centrado en el profesor universitario que, aun cuando hubo muchos aportes sobre profesores de secundaria, hay pocas publicaciones en el área universitaria y de la física aplicada en las carreras de ingeniería, y sobre todo recolectando información directa de los profesores en su hacer en las clases. Se valora el lograr establecer la confianza necesaria para que los profesores permitan que se les “invada” su espacio académico, y además ser grabadas; por lo que el aporte de los profesores que colaboraron en las explicaciones de esta investigación, le dan un valor especial.

La investigación parte de esa necesidad de transferir ese conocimiento pedagógico de contenido que tienen los profesores y del cual no son conscientes; y ofrece una metodología para extraer ese conocimiento de la actuación de los profesores en su contexto y transformarlo para identificar los elementos que puedan caracterizarse y ser utilizados en la formación de profesores. Por lo que esta investigación representa un aporte para la comunidad educativa que valora y reflexiona sobre la enseñanza de la física y su papel en la formación de los estudiantes de ingeniería, lleva a la búsqueda de elementos que lo caractericen y que les son propios, para el desarrollo de planes de formación específicos. Además, el diseño del informe ha sido pensando en que el trabajo de desarrollo pueda ser tomado y/o leído por un profesor de ciencias; se trató de expresar los análisis de forma visual, disminuyendo en lo posible la codificación que en investigación simplifica mucho, pero que dificulta la lectura a un docente o aprendiz. En la parte de implicaciones para la formación del profesorado, se resalta el interés de la investigación de trabajar sobre tres áreas que deben estar presente a la hora de diseñar planes de formación del profesorado: un marco teórico integrado y adaptado al contexto de enseñanza, la caracterización de la enseñanza, y el diseño de un formato amigable, de fácil comprensión, para plasmar casos del estudio; que pudieran ser útiles en el diseño de estrategias de formación a través del análisis del discurso, con la participación cooperativa y activa del profesorado participante.

Para la comunidad de ingeniería, donde se realiza la investigación se espera haber hecho honor a los profesores que participaron en el estudio, y realzar la labor docente del profesor de física en las aulas y su dedicación a los estudiantes de ingeniería, más aún en estos tiempos en Venezuela; reafirmar a la comunidad educativa venezolana lo importante de su contribución a la formación de nuevos profesionales. Se espera que, a través de planes futuros de formación basados en el trabajo en equipo de la comunidad docente, y utilizando como herramienta el análisis del discurso de los profesores en física, con una metodología de “reflexión crítica” se logre facilitar, desarrollar y mejorar el desempeño en las aulas de los profesores del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

En general, el análisis y la reflexión sobre el hacer docente en el aula, puede repercutir de forma positiva en la labor docente propia. Es necesario aumentar el conocimiento de lo que sucede en el aula, cuáles son las características del discurso que se genera en la situación de enseñanza-aprendizaje, cuáles las características que el discurso incluye, (diferencias, similitudes, aspectos que llamen la atención y provoquen la discusión en su contexto de enseñanza), cuáles son los objetivos que se persiguen, etc. Sólo aumentando el conocimiento de esta situación, se podrán introducir cambios, en caso de que sean necesarios, para mejorar este trabajo.

10.9 Difusión de Resultados

Del presente trabajo de investigación se han derivado las siguientes actividades de difusión de la investigación con participación en congresos y un *summer-school*, publicaciones en actas de congresos, publicaciones en revistas y participación con artículos en libros. Todos ellos han tenido revisión científica por pares.

Asistencia a Congresos con Comunicación.

1. Rangel, N., Castells M., Castello J. (2016): Multimodality of Explanation in Physics Class. Literacy engineering students XVII IOSTE SYMPOSIUM, which was held in Braga, Portugal, from 11th to 16th July 2016, organized by CIEC-UMINHO (Research Centre for Child Studies of Minho University). Braga, the 18th of July 2016 **Portugal-Braga**.
2. Rangel, N., Castells M. (2013). Analizando la Presencia en la multimodalidad de la explicación en el aula. caso: flujo eléctrico. **IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**. Girona. del 9 al 12 de septiembre 2013. **Barcelona, España**.
3. Rangel, N., Castells M. (2011). Multimodal discourse in college physics classroom. Case: electric flux concept. **IX ESERA Conference** (European Science Education Research Association). September 5th-9th 2011. Centre de Congrès **Lyon – Francia**.
4. Rangel, N., Castells M. (2010). Análisis de las explicaciones en el aula universitaria desde un marco pedagógico. Caso: Ley de Gauss. VII Congreso Nacional y **Ier Congreso Internacional de Investigación. Universidad de Carabobo**. Del 1 al 3 de diciembre 2010. **Valencia – Venezuela**.
5. Fagúndez T., Rangel, N., Castells M. (2010). El uso de la analogía en la enseñanza de la física universitaria. VII Congreso Nacional y **Ier Congreso Internacional de Investigación. Universidad de Carabobo**. Del 1 al 3 de diciembre 2010. **Valencia – Venezuela**.
6. Fagúndez T., Rangel, N., Castells M. (2010). Study semiotic-communicative of construction of scientific meanings. Case: explanations in college's physics classes 7

- International Conference of Groupe International de Recherche sur l' Enseignement de la Physique **GIREP 2010**. University of Reims. Del 22 al 27 de agosto. **Reims - Francia**. https://www.univ-reims.fr/site/evenement/girep-icpe-mptl-2010-reims-international-conference/gallery_files/site/1/90/4401/22908/29678/29697.pdf
7. Rangel, N., Castells M. (2009). Lines of electrical field in the meaning construction. A multimodal study about the action in the classroom. Congreso European Science Education Research Association, **ESERA**. Del 31 de agosto al 4 de septiembre de 2009. Con la colaboración de las universidades: Gazi Universitesi, Hacettepe Universitesi, Yeditepe Universitesi, Ahievran Universitesi. **Istambul, Turquía**.
 8. Rangel, N., Castells M. (2009). Las líneas de Campo Eléctrico en la Construcción de Significados. Un estudio multimodal de la acción en el aula. **VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**. Universitat Autònoma. Septiembre del 6 al 11 de 2009. **Barcelona, España**.
 9. Rangel, N., Castells M. (2008). applying discourse analysis theory in engineering professor's explanations, taking accounts an electromagnetism topic. 6º International Conference of Groupe International de Recherche sur l' Enseignement de la Physique **GIREP**. University of Cyprus. Del 18 al 22 de agosto. **Larnaca-Chipre**.
 10. Rangel, N., Castells M. (2008). Un estudio sobre el análisis del discurso aplicado a profesores de electromagnetismo. 5º Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación **CIDUI**. Universitat de Lleida, del 2 al 4 de Julio. **Lleida España**.
 11. Rangel, N., Castells M. (2007). "Electromagnetic Physics Classes' Analysis. Study Applied in the Basic of Engineering Career". Congreso ESERA-2007: European Science Education research asociation (Asociación de investigación europea de la educación de la ciencia). Agosto 21 a 25 de 2007. Universidad de **Malmö, Suecia**.
 12. Rangel, N., Castells M. (2006). A Multimodal Language Study In The Engineer Physics Class. Implications for Lecturer Training. **XII IOSTE Symposium**.. Julio 30- Agosto 04 del 2006. **Penang -Malasya**
 13. Rangel, N., Castells M. (2006). Caracterizando el discurso del profesor de ingeniería. Ier Congreso Venezolano de Enseñanza en Ingeniería. (Núcleo de Decanos de Ingeniería (NDI) y la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI)). Del 13 al 17 de Junio 2006. **Maracaibo –Venezuela**.
 14. Rangel N, Fagúndez, T, (2006). "La Investigación Educativa. Una experiencia en la Facultad de Ingeniería. Línea de Investigación. "Análisis del Discurso". I Simposio

epistemología e investigación para la enseñanza de la Física. (Maestría Educación en Física). Dirección de Postgrado de la Universidad de Carabobo. 21 abril 2006. **Valencia-Venezuela**

15. Rangel N., Castells M. (2005). El análisis del discurso y la formación del profesor universitario. RIEFEP 2005: Reunión Internacional sobre la enseñanza de la física y la Especialización de Profesores. (Universidad de Matanzas). Del 8 al 11 de noviembre 2005. **Matanzas - Cuba.**
16. Rangel N., Castells M. (2005): Analizando las Explicaciones de Física. Implicaciones en la Formación del profesorado. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. (Universidad Autónoma de Barcelona (UAB)). Granada, del 7 al 10 de septiembre de 2005. **Barcelona, España.**
17. Rangel N, Castells M. (2005). "Discourse analysis in physics classrooms: A multimodal analysis of physics explanations." 5th Conference of ESERA-CRESILS: European Science Education Research Association "Contributions of Research to Enhancing Students Interested in Learning Science". (Universitat Autònoma de Barcelona). 28 Agosto- 1 septiembre 2005. **Barcelona, España.**
18. Rangel N. (2005): "Analizando las explicaciones del profesor universitario. Implicaciones para la formación del profesorado". VI Encuentro de Estudiantes de Doctorado en Didáctica de las Ciencias experimentales y la Matemática. (AEDCEM Asociación de Estudiantes de doctorado en didáctica de las ciencias experimentales y la matemática. Universitat de Barcelona). 22 de abril 2005. **Barcelona –España.**
19. Rangel N., Castells M. (2004): The explication on electromagnetism. A multimodal analysis of the professor's action. Implications for training teachers at university level. XIth **IOSTE** Symposium. International Organization for Science and Technology Education. (Universidad Maria Curie-Sklodowska). 28 Julio 2004 **Lublin. Polonia.**
20. Rangel, N. (2004): A multimodal analysis of professor's explanation on electromagnetism. Implications for training teachers at university level. Junior Researchers of **EARLY, JURE** 2004. (University of Bahcesehir). Del 05 al 11 de julio 2004. **Turquía. Estambul.**
21. Rangel N., Castells M. (2004): El discurso Multimodal en una clase de Electromagnetismo. "III Congreso internacional de docencia universitaria e

innovación”. **CIDUI** (Universitat de Girona). Junio 30 - 02 Julio 2004. **Girona - España**

22. Rangel N. (2004): “El discurso multimodal del profesor universitario de física electromagnética”. V Encuentro de Estudiantes de Doctorado en Didáctica de las Ciencias experimentales y la Matemática. (Dpto. De didáctica de la matemática y las ciencias experimentales. Universitat Autònoma de Barcelona). 19 y 29 febrero 2004. Bellaterra, **Barcelona –España**.

Summer School: Universitat Duisburg Essen-Alemania.

23. Rangel N., Castells M. (2004): A multimodal analysis of physics explanations. 7th European Science Education Research Association: **ESERA Summer School 2004. Mülheim - Alemania**. (Universitat Duisburg Essen) 28 Agosto – 4 Sept

Publicaciones en Libro

1. Rangel, N.; Castells, M. (2005): A multimodal analysis of physics explanations. In Fischer H. Taylor & Francis (eds). Developing standards in research on science education. Taylor & Francis: London. 2005. ISBN 0 415 38339 0. pp.205-212.
2. Rangel, N., Castells M (2012). Multimodal discourse in college physics classroom. Case: electric flux concept. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), Ebook Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship. Part 6: Discourse and argumentation in science (co-ed. Editors Manuela Welzel-Breuer and Conxita Márquez), (pp.72-78) ISBN 978-9963-700-44-8 Lyon, France: European
3. Rangel, N., Castells M (2010). Electrical field lines in the meaning making: a multimodal study about the action in the classroom. Artículo Publicado en el Libro: “In Contemporary Science Education Research: Teaching” (Trad.: La investigación actual en Educación en Ciencias: La Enseñanza) M.F. Taşar, M.F. & Çakmakçı, G. (Eds.) (2010). pp273-282. Ankara, Turkey: Pegem Akademi. ISBN: 978-605-364-030-1.
<https://www.pegem.net/dosyalar/dokuman/29122018131257contemporary%20science%20education%20research%20-%20teaching.pdf#page=287>
4. Rangel, N., Castells M (2010). Applying the discourse analysis theory in engineering professor’s explanations, taking into accounts an electromagnetism topic. Artículo

- electrónico en CD que acompaña al Libro: "In Conference Book GIREP 2008. Physics Curriculum Design, Development and Validation". University of Cyprus. Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique (GIREP). (2010) pp 1-11. ISBN: 978-9963-689-21-7.
5. Rangel, N., Castells M (2013). Análisis de las explicaciones en el aula universitaria desde un marco pedagógico. Caso: Ley de Gauss. Memorias del VII Congreso Nacional y Ier Congreso Internacional de Investigación. Universidad de Carabobo. (2010) Tomo I. pp 242-246. ISBN: 978-980-233-563-3. Depósito legal:1f55320120014473. Valencia – Venezuela.
 6. Fagúndez T, Rangel, N., Castells M (2013). El uso de la analogía en la enseñanza de la física universitaria. Memorias del VII Congreso Nacional y Ier Congreso Internacional de Investigación. Universidad de Carabobo. (2010) Tomo I. pp 285-291. ISBN: 978-980-233-563-3. Depósito legal:1f55320120014473. Valencia – Venezuela.
 7. Fagúndez T., Rangel, N.; Castells, M. (2011). El "qué hacer" docente en clases universitarias de Física: una perspectiva semiótico-comunicativa-multimodal de la construcción del conocimiento. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 24, N° 1, 2011. pp. 55-79 publicación de la Asociación de Profesores de Física-Argentina. ISSN 0326-7091 (papel) ISSN 2250-6101 (en línea). <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/issue/view/711>

Publicaciones en Libro y revista

1. Rangel, N., Castells M., Castello J. (2017): Multimodality of Explanation in Physics Class. Literacy engineering students. journal 'Conexão Ciência', Vol. 12, N. esp. 2, p. 244-250. Brazil. <https://periodicos.uniformg.edu.br:21011/ojs/index.php/conexaociencia/issue/view/52>
2. Rangel, N., Castells M (2013). Analizando la Presencia en la multimodalidad de la explicación en el aula. caso: flujo eléctrico. Publicado en la Revista Enseñanza de las Ciencias. Número Extra IX Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España. Pp 2946-2951. ISSN 0212-4521.

3. Rangel, N., Castells M (2010). Applying the discourse analysis theory in engineering professor's explanations, taking into accounts an electromagnetism topic. In Conference Book GIREP 2008. Physics Curriculum Design, Development and Validation. University of Cyprus. Groupe International de Recherche sur l' Enseignement de la Physique (GIREP). pp 1-11. ISBN: 978-9963-689-21-7.
4. Rangel, N., Castells M (2009). Las líneas de campo eléctrico en la construcción de significados. Un estudio multimodal de la acción en el aula. Publicado en la Revista Enseñanza de las Ciencias. Número Extra VIII Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España. Pp 3246-3251. ISSN 0212-4521.
5. Rangel N., Castells M. (2005): Analizando las Explicaciones de Física. Implicaciones en la Formación del profesorado. Revista Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. VII Congreso. Barcelona, España. ISSN:0212-4521.

Artículos en extensos publicados en *proceedings* arbitrados.

1. Rangel N., Castells M. (2008). Un estudio sobre el análisis del discurso aplicado a profesores de electromagnetismo. 5º Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación CIDUI. Universitat de Lleida, del 2 al 4 de Julio. España. ISSN 978-84-8458-286-1, cidui.upc.edu.
2. Rangel N., Castells M. (2006). Caracterizando el discurso del profesor de ingeniería. Ier Congreso Venezolano de Enseñanza en Ingeniería. Cdrom: \\Extensos\\A5\\A54\\54-02.pdf pp. 1-24. Maracaibo –Venezuela.
3. Rangel N., Castells M. (2005). El análisis del discurso y la formación del profesor universitario. Libro de actas del RIEFEP 2005: Reunión Internacional sobre la enseñanza de la física y la Especialización de Profesores. Matanzas - Cuba. ISBN: 959-16-0362-283. Cdrom: \\RIEFEP_2005\\ Extensos PDF\\Naykiavick Rangel.pdf. (13 pg)
4. Rangel N, Fagúndez T. (2005). “Discourse analysis in physics classrooms: Argumentation and Multimodality”. (Coordinadoras del Simposio formado por cuatro ponencias). Published in Cd of Proceedings of ESERA' 05. Barcelona. 28 agosto - 1 septiembre 2005. ISBN 689-1129-1 (p1-17) Barcelona-España.

5. Rangel N, Castells M (2005). "A multimodal analysis of physics explanations". (ponencias). Published in Cd of Proceedings of ESERA' 05. Barcelona. 28 Agosto - 1 septiembre 2005. ISBN 689-1129-1. (p1-4)
6. Rangel N., Castells M. (2005). The professors multimodal explanation and lecturers training. 11th European Conference for Research on Learning and Instruction: Integrating multiple perspectives on effective learning. EARLI 2005 proceedings. p1-4
7. Rangel N., Castells M. (2004). The explication on electromagnetism. A multimodal analysis of the professor's action. Implications for training teachers at university level. XI th Symposium Proceedings" IOSTE. Janiuk R. & Samonek-Miciuk E. (eds) Maria Curie-Sklodowska University Press. 28 Julio 2004 Lublin. Polonia. ISBN 83-227-2285-0. p275-276
8. Rangel N., Castells M. (2004): El discurso Multimodal en una clase de Electromagnetismo. "III Congreso internacional de docencia universitaria e innovación". (pg. 1-14). Girona - España ISBN:84-7653-864-2. site: <http://cidui.upc.es>, Cdrom: \\doc\5.5\364.pdf

Referencias bibliográficas.

- Ainsworth, S. (2006). DEFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16 (2006), 183-198.
- Airey, J., Linder, C. (2009). A Disciplinary Discourse Perspective on University Science Learning: Achieving Fluency in a Critical Constellation of Modes. *Journal of research in science teaching* , 46, (1), 27–49. (2009).
- Albadalejo, M. (2007). *La comunicación más allá de las palabras*. Editorial Graó: España.
- Alfaro-Carvajal C., Flores-Martínez P, Valverde-Soto G. (2019). La demostración matemática: significado, tipos, funciones atribuidas y relevancia en el conocimiento profesional de los profesores de matemáticas. *Uniciencia* , 33 (2), 55-75. Julio-Diciembre, 2019.
- Alshwaikh, J. (2011). *Geometrical diagrams as representation and communication: a functional analytic framework*. **PhD Thesis**. Institute of Education, University of London https://www.researchgate.net/publication/238980215_Geometrical_Diagrams_as_Representation_and_Communication_A_Functional_Analytic_Framework
- Amossy, R. (2006). *L'argumentation dans le discours*. Paris: Colin.
- Archer, A. & Breuer, E. (2015). Methodological and pedagogical approaches to multimodality in writing. In G. Rijlaarsdam (Series Ed.) & A. Archer & E. Breuer (Vol. Eds.), *Studies in Writing*: Vol. 30, Multimodality in writing (pp. 1–16). Leiden: Brill.
- Arenas, L. (1994). *Chaïm Perelman*. (**Tesis doctoral**) Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Derecho. Director: Iturmendi Morales José. España 1994.
- Badreddine, Z. (2011). Building context and continuity in classroom discourse; a case study at the high school level, Ebook *ESERA 2011*, 7p. Lyon University.
- Badreddine, Z., Buty, C. (2011). Discursive reconstruction of the scientific story in a teaching sequence. *International Journal of Science Education*, 33(6), 773–795. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.496475>
- Bezemer, J., Jewitt, C. (2018). Multimodality: a guide for linguists in L. Litosseliti (ed), *Research Methods in Linguistics* (2nd edition). London: Continuum
- Bezemer, J., Kress, G. (2008). Writing in multimodal Texts. A social semiotic account of designs for learning. *Written Communication*. 25 (2), april 2008, 166-195. Sage publications.
- Bisquerra, R. (coord.) (2004). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla, S.A.

- Buty, C., Mortimer, E. (2008). Dialogic/Authoritative Discourse and Modelling in a High School Teaching Sequence on Optics. *International Journal of Science Education* 30 (12), 5 October 2008, 1635–1660.
- Callejas, M., Vitalia, M., Nieto, J., Zegarra, M., y Villamizar, C. (2001). Los estilos pedagógicos de los profesores universitarios de Ciencias e Ingenierías. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra. VI congreso.
- Calsamiglia, H., y Tusón A. (2001). *Las cosas del decir: Manual del análisis del discurso*. (1ra edic. 1999). España: Ariel Lingüística.
- Cañas I., Bayod, C., Velilla, C., De San Antonio, C. (2008). Pensamiento crítico para el Pensamiento gráfico. *Anales de Ingeniería Gráfica*, 39 (19), 39-49.
- Capdevila, A. (2002). *El análisis del nuevo discurso político. Acercamiento metodológico al estudio discurso persuasivo audio visual*. (Tesis doctoral) Universidad Pompeu Fabra. Área de Periodismo y comunicación audiovisual. Dirigida por Pericot Canaleta, Jordi. España Julio 2002.
- Capote, G., Rizo, N., Bravo, G. (2016). La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. *Universidad y Sociedad*, 8 (1), Cienfuegos. Cuba. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202016000100004&script=sci_arttext&tlng
- Castellá, J., Comelles, S., Cros, A., Vilá, M. (2007). *Entender (se) en clase. Las estrategias comunicativas de los docentes bien valorados*. España: Graó
- Castells, M., Enciso, J., Cerveró, J.M., López, P., y Cabellos, M. (2007). What can we learn from a study of argumentation in the students answers and group discussion to open physics problems?. In: Pintó R., Couso D. (Eds) *Contributions from Science Education Research*. 417-431 Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5032-9_32
- Castells, M., Erduran S., Konstatinidou A. (2010). Argumentation & scientific conceptions in peer discussions: A comparison between Catalan & English students. In M.F. Taşar & G. Çakmakcı (Eds.), *Contemporary science education research: scientific literacy and social aspects of science*, Vol 3, 51-60. Ankara, Turkey:PegemAkademi.
- Cheng-Wen, H. (2015). *Argument as design: a multimodal approach to academic argument in a digital age*. Tesis doctoral en filosofía. Directora Arlene Archer. School of Education University of Cape Town February 2015
- Chevallard, Y. (1991). *La trasposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Argentina: Aique
- Cimasko, T., Shin, D. (2017). Multimodal Resemiotization and Authorial Agency in an L2 Writing Classroom. *Written Communication* 2017, 34(4) 387–413. SAGE Publications
- Corvellec, H., Rosengren, M. (2001/2003). The Contribution of Chaïm Perelmans New Rhetoric to Organizational Studie., Göteborg, Gothenburg Research Institute. (Research Report 2001) School of Economics and Comercial Law. Goteborg University. Published 2003 by Electronic Publishing Center.
- Couso, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza aprendizaje de las ciencias: Modelos para su diseño y validación. En A. Caamaño (Coord.). *Didáctica de la Física y la Química*. Vol. II, 57-83. Barcelona: Graó.
- Couso, D., Jimenez-Liso, M.R., Refojo, C., Sacristán, J.A. (Coords) (2020). Enseñando Ciencia con Ciencia. FECYT y Fundacion Lilly. Madrid: Penguin Random House.

- Crespo, C., Farfán, R., y Lezama, J. (2010). Argumentaciones y demostraciones: una visión de la influencia de los escenarios socioculturales. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 13(3), 283-306.
- Cros, Anna. (2003). *Convencer en classe. Argumentación y discurso docente*. España: Ariel Lingüística.
- Cutrerá G., Stipich S. (2016). Enseñanza y estrategias discursivas. Principales aportes desde la investigación educativa. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*. 04 (Enero). 1-21.
- DeLonghi, A., Ferreyra, A., Peme, C., Bermudez, G., Quse, L., Martínez, S., Iturralde, C., Campaner, G. (2012). La interacción comunicativa en clases de ciencias naturales. Un análisis didáctico a través de circuitos discursivos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9 (2), 178-195, 2012 <https://www.redalyc.org/pdf/920/92024542002.pdf>
- Driver, R., Newton, P., Osborne J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. *Science Education*. 84, 287-312.
- Duit, R. (2007). Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 2007, 3 (1), 3-15
- Duit, R. (2007b). La investigación sobre enseñanza de las ciencias: un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa RMIE*, vol. 11 (30), 741-770. julio-septiembre 2006, México
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for Improving Teaching and Learning Science in Jorde, Doris, Dillon, Justin (Eds.). *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective*. 13-37. <http://www.springer.com.sire.ub.edu/in/book/9789460919008>
- Duit, R., Schecker, H., Höttecke, D., Niedderer, H (2014). Teaching Physics, chapter 22, In: Lederman N., Abell S. (eds) (2014): *Handbook of Research on Science Education*. Education, 1 2014, 2:434-456
- Einstein, A., Infeld, L. (1939). *La Física, aventura del pensamiento*. Losada: Buenos Aires
- ElShafie, S. (2018). Making Science Meaningful for Broad Audiences through Stories. *Integrative and Comparative Biology*, 58 (6), 1213–1223, <https://doi-org.sire.ub.edu/10.1093/icb/icy103>
- Ernst-Slavit, G., Pratt, K. (2017). Teacher questions: Learning the discourse of science in a linguistically diverse elementary classroom. *Linguistics and Education*, 40, Agosto 2017, 1-10. DOI: 10.1016/j.linged.2017.05.005
- Espinet, M., Izquierdo, M., Bonil, J., Ramos, L. (2012). The role of language in modeling the natural world: perspectives in science education, In B.J Fraser et al (eds). *Second International Handbook of Science Education*, Springer international Handbooks of Education 245, 1385-1403. DOI 10.1007/978-1-4020-9041-7_89
- Fagúndez, T. (2005). Discourse analysis in university physics class. Implications for improvement of educational practice. In H. E. Fischer (Ed.), *Developing standards in research on science education*. 109-115. London: Taylor & Francis Group.
- Fagúndez, T. (2006). Análisis del discurso en clases de física universitaria. Implicaciones para la mejora de la práctica docente. **Tesis doctoral**. Facultat de Formació del professorat. Universitat de Barcelona. Directora: Marina Castells

- Fagúndez, T., Castells, M. (2007). Una aproximación semiótico-comunicativa a las explicaciones de física universitaria. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7 (3), 1-15. <http://revistas.if.usp.br/rbpec/issue/view/11>
- Fagúndez, T., Castells, M. (2012). La argumentación en las clases universitarias de física: una perspectiva retórica. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), 207-228.
- Fagúndez, T., Rangel, N., Castells, M. (2011). El "qué hacer" docente en clases universitarias de Física: una perspectiva semiótico-comunicativa-multimodal de la construcción del conocimiento. *Revista de Enseñanza de la Física*, 24 (1), 2011, 55-79 Argentina. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/issue/view/711>
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8160>
- Fagúndez, T., Rangel, N., Castells, M. (2013). El uso de la analogía en la enseñanza de la física universitaria. *Memorias del VII Congreso Nacional y Ier Congreso Internacional de Investigación*. Universidad de Carabobo. (2010) Tomo I. 285-291. ISBN: 978-980-233-563-3. Depósito legal: lf55320120014473. Valencia – Venezuela.
- Fishbane, P., Gasiorowicz, S., Thornton, S. (2010). *Física para Ciencias e Ingeniería*. Volumen II. México: Prentice Hall Hispanoamericana
- Furió, C., Guisasola, J. (2001). la enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias*, 2001, 19 (2), 320-334.
- Givry, D., Pantidos, P. (2012). Toward a Multimodal Approach of Science Teaching. Colloque siest mediterranees tunis 2012 Dispositifs, demarches, apprentissage dans l'Enseignement des sciences et technologies, 2012, Carthage, Tunisia. 17, 123-130, 2012.
- Givry, D., Roth, W-M. (2006). Toward a New Conception of Conceptions: Interplay of Talk, Gestures, and Structures in the Setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (10), 1086–1109, (2006) DOI 10.1002/tea
- Graff, R., Winn, W. (2006). Presencing “Communion” in Chaïm Perelman’s New Rhetoric. *Philosophy and Rhetoric*, 39 (1), 45-71. Project MUSE. The Pennsylvania State University, University Park, PA.
- Grisales-Franco, L., González-Agudelo, E. (2009). El saber sabio y el saber enseñado: un problema para la didáctica universitaria. *Educación y Educadores*, 12 (2). <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/1486>
- Gros, B. (2007). El aprendizaje colaborativo a través de la red. *Revista Aula de Innovación Educativa* 162, 2007, 44-50.
- Gros, B., Román, T. (2004). *Ser Profesor. Palabras sobre la docencia universitaria*. España: Octaedro-ICE.
- Gross, A., Dearin, R. (2003/2010). *Chaïm Perelman*. USA: Southern Illinois University Press.
- Guba, E., Lincoln, Y. (1989). *Fourth Generation Evaluation*. Newbury Park, California: Sage Publications.
- Guisasola, J., Almudi, J.M., Ceberio, M., y Zubimendi, J.L. (2008). Designing and evaluating research-based instructional sequences for introducing magnetic fields. *International Journal of Science and Mathematics Education* 2008. 1-24.
- Guisasola, J., Salinas, J., Almudi, J.M., Velasco, S. (2003). Análisis de los Procesos de Aplicación de las Leyes de Gauss y Ampere por Estudiantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25 (2), Junho, 2003.

- Halliday, M. A. K. (1978). *Language as Social Semiotic: The Social Interpretation of Language and Meaning*. London: Edward Arnold.
- Halliday, M.A.K. (1993). Towards a language-based theory of learning. *Linguistics and education* 5 (2), 93- 116. [https://doi.org/10.1016/0898-5898\(93\)90026-7](https://doi.org/10.1016/0898-5898(93)90026-7)
- Harlen, W. (Ed) (2015). *Trabajando con las grandes ideas de la educación en ciencias*. Italia: Programa de Educación en Ciencias (SEP) de la IAP
- Iedema, R. (2003). Multimodality, resemiotization: extending the analysis of discourse as multisemiotic practice. *Visual Communication* 2(1): 29–57.
- Jewitt, C., (Ed) (2009). *The Routledge Handbook of Multimodal Discourse*. London: Routledge
- Jewitt, C., y Kress, G. (Eds.). (2003). *Alfabetización multimodal*. Nueva York: Peter Lang.
- Jimenez- Aleixandre, M.P. (2010). Competencias en argumentación y uso de pruebas: 10 ideas clave. Volumen 12 de colección ideas clave. España: Grao
- Jimenez-Aleixandre, M.P., Rodriguez, A.B., Dushl, A. (2000). Doing the Lesson or Doing Science: Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84 (6), 1-36.
- Konstantinidou, A., Castells, M., Cerveró, J.M. (2010). Argumentation and Scientific reasoning: “The double hierarchy” argument. M.F. Taşar & G. Çakmakcı (Eds.), *Contemporary science education research: international perspectives*. Vol 3, 61-70, Ankara, Turkey: Pegem Akademi.
- Konstantinidou, A., Cerveró, J.M., Castells, M. (2010). Argumentación y concepciones científicas de los estudiantes. Una interpretación y orientación didáctica desde una teoría retórico-argumentativa. *Alambique- Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, 26-38.
- Kress, G. (2003). *Literacy in the New Media Age*. London and New York: Routledge
- Kress, G. (2010). *Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication*. London: Routledge.
- Kress, G. (2012). Multimodal Discourse Analysis, in Gee J, Handfor M.eds (2012). *The Routledge Handbook of Discourse Analysis*. Cap3 pp 35-50. Routledge:London.
- Kress, G. (2014). Design: The Rhetorical Work of Shaping the Semiotic World. In Arlene Archer, Denise Newfield eds (2014) *Multimodal Approaches to Research and Pedagogy: Recognition, Resources, and Access*. Chapter 8 Pages30. London: Routledge
- Kress, G. (2015). Semiotic work. *Applied Linguistics and a social semiotic account of Multimodality*. *Rev AILA Review* 28 (2015), 49–71. doi 10.1075/aila.28.03kre.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, Ch. (2001). *Multimodal Teaching and Learning: The Rhetoric of the Science Classroom*. London: Continuum Press.
- Kress, G., Van Leeuwen, T. (1996/2006). *Reading images: the grammar of visual design*. 1ra edic 1996. New York:Routledge
- Kress, G., Van Leeuwen, T. (2001). *Multimodal Discourse: The Modes and Media of Contemporary Communication*. London: Routledge.
- Kress. G. (2009). What is Mode? in Jewitt Carey eds (2009). *The Routledge Handbook of Multimodal Discourse*. Cap4 pp 54-67. London: Routledge.
- Lemke, J. (1990). *Talking science: language, learning and values* Ablex Publishing Corporation, Norwood,NJ. Trad. cast. García, A et al. *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Ed. Paidós (1997)

- Lemke, J. (1998). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In Martin J. & Veal R. (Eds.), *Reading Science: critical and functional perspectives on scientific discourse*, 87-113. London: Routledge.
- Lemke, J. (2000). Across the Scales of Time: Artifacts, Activities, and Meanings in Ecosocial Systems. *Rev Mind, culture, and activity*, 7 (4), 273–290.
- Lemke, J. (2001). The long and the short of it: Comments on multiple timescale studies of human activity. *Journal of the Learning Sciences*, 10(1/2), 17–26.
- Lemke, J. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En Montse Benlloch (comp.). *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós Educador.
- Lim, F., O'Halloran, K., y Podlasov A. (2012). Spatial pedagogy: mapping meanings in the use of classroom space, *Cambridge Journal of Education*, 42:2, 235-251 <http://dx.doi.org/10.1080/0305764X.2012.676629>
- Lim, F.V. (2011). A Systemic Functional Multimodal Discourse Analysis Approach to Pedagogic Discourse. **Doctoral thesis**. National University of Singapore.” Tesis para el grado de Doctor en Filosofía del Departamento de Lengua y literature. Director Kay O'Halloran 2011 <https://multimodalstudies.files.wordpress.com/2012/04/a-systemic-functional-multimodal-discourse-analysis-approach-to-pedagogic-discourse-by-lim-fei-victor-2011.pdf>
- Linder, C. (2013). Disciplinary discourse, representation, and appresentation in the teaching and learning of science. *Rev European Journal of Science and Mathematics Education* Vol. 1 (2), 43-49.
- Lopes, J. B., Silva, A. A., Cravino, J. P., Santos, C. A., Cunha, A., Pinto, A., Silva, A., Viegas, C., Saraiva, E. & Branco, M. J. (2014). Constructing and Using Multimodal Narratives to Research in Science Education: Contributions Based on Practical Classroom. *Research in Research Science Education*, 44 (3), 415-438. ISSN: 0157-244X.
- Lopes, J.B., Viegas, C., Pinto, A. (2018). Narrações Multimodais: o que são e para que servem. In Lopes, J.B.; Viegas, C.; Pinto, A. (Eds.). *Melhorar práticas de ensino de Ciências e Tecnologia – Registar e Investigar com Narrações Multimodais*. Lisboa: Edições Sílabo, Lda.
- López-Pan, F. (1993). El ethos como elemento configurador de la columna periodística. Análisis de un caso: Hilo directo de Pilar Urbano. (**Tesis doctoral**). Universidad de Navarra. Área de Lenguaje y documentación. Director: Sanchez Sanchez José Francisco. España 1993.
- Lvarsson, J, Linderöth, L. Säljö, R. (2009). Representations in practices. A sociocultural approach to multimodality in reasoning. in Carey J (Ed): *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis*, Chap 15, 201-212. London: Routledge
- Machado, V., Sasseron, L. (2012). As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias. *Revista Brasileira de Investigación en Educación Científica*, 12 (2), 29-44.
- Manassero, M. (1995). De la argumentación al derecho razonable de la argumentación de Chaïm Perelman y su repercusión en el derecho. (**Tesis doctoral**). Universidad de Navarra. Facultad de Derecho. Director: Serna Bermudez Pedro. España 1995.
- Manghi, D. (2010). Recursos semióticos del profesor de matemática: funciones complementarias del habla y los gestos para la alfabetización científica escolar. *Estudios Pedagógicos XXXVI*, N° 2: 99-115.

- Manghi, D., Cordova, J. (2011). Definiciones y explicaciones multimodales: Potencial semiótico en la enseñanza de la biología en educación media. *Logos: Revista de Lingüística, Filosofía y Literatura*, 21(2), 17-39.
- Màrquez, C. (2002). La comunicació multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua. **Tesis doctoral**. Universitat Autònoma de Barcelona
- Márquez, C. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. *Educación*, Abril-Junio 2005, 27-38.
- Márquez, C., Izquierdo, M., Espinet, M. (2006). Multimodal science teachers' discourse in modeling water cycle. *Science Educatio*, 90 (2), March 2006.
- Martins I., Porto, C. (2001). ¿Onda ou Partícula? Argumentación e Retórica na Aprendizagem da Natureza da Luz. Trabajo presentado en el VII encuentro de Pesquisas en la enseñanza de la física. EPEF. Brazil (del 27 al 31) de Marzo 2001. <http://www.sbf1.if.usp.br/eventos/epf/vii/programa1.htm>
- Martins, I. (2002). Visual imagery in school science texts. capítulo 4, en Otero, J., De León, J. Gascón, Graesser, A (Coords)), (2002). *The psychology of science text comprehension*, 73-90. Mahwah N J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Martins, I., Mortimer, E., Osborne, J., Tsatsarelis, C., Jimenez-Aleixandre, M.P. (2001) Rhetoric and Science Education. in: Behrendt H. et al. (eds) *Research in Science Education. Past, Present, and Future*. 189-198 Springer, Dordrecht
- McNeill, D. (1992). *Hand and Mind: What Gestures Reveal about Thought* cap4.105-133. Chicago: University of Chicago Press.
- McNeill, D. (2015). Why we Gesture. The surprising role of hand movements in communication. Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.1017 / CBO9781316480526
- Menti, A., y Rosemberg, C. (2017). El rol de los gestos en la construcción de significados en el aula. Íkala. *Revista de Lenguaje y Cultura*, 22 (3), 455-475. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2550/255053749006/html/index.html>
- Migdalek, M., Rosemberg, C. (2012). El uso de los gestos en el discurso docente durante la planificación del juego en el jardín de infantes. *Rev Bellaterra Journal of Teaching & Language & Literature*, 5 (3). Aug-Sept., 24-43.
- Millar, R., Leach J., y Osborne, J. (2000). *Improving Science Education. The contribution of research*. Edit. Open University Press. Buckingham - Philadelphia. 2000
- Molto, E. (2000). Breve estudio acerca de algunas tendencias y fundamentos actuales de la didáctica de la física universitaria en Iberoamérica. II Taller Internacional sobre Didáctica de la Física Universitaria. Actas de DIDACFISU. <http://www.ucbca.edu.bo/institut/cexactas/didacfisudocumentos/ActasHTML/BreveEstudioAcercaDeAlgunasTendenYFundam.html>.
- Mortara, B. (2015). *Manual de Retórica*. (4 ed.) Trad. de la obra Manuale di retorica publicada en 1998. Editorial Cátedra. Madrid, España 2000.
- Mortimer E., Scott Ph. (2000). Analyzing discourse in the science classroom. In Millar R, Leach J, Osborne J. *Improving Science Education. The contribution of research*. 26-142. Edit. Open University Press. Buckingham - Philadelphia.
- Mortimer, E., Scott, Ph. (2003). Meaning Making in secondary science classrooms. Philadelphia: Open university Press.
- Neumann, K., Kind, V., Harms, U. (2019). Probing the amalgam: the relationship between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge, *International*

- Journal of Science Education*, 41 (7), 847-861, DOI: 10.1080/09500693.2018.1497217
<https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1497217>
- Nitz, S., Nerdel, C., Precht, H. (2010). Language in science education and the influence of teachers' Professional Knowledge. 323-329. In Fatih M, Zakmakci G (Eds) Esera 2009 Conference .Contemporary Science Education Research: Preservice & Inservice Teacher Education Part 2. Teacher Professional Development cap5.
- Nitz, S., Precht, H., Nerdel, C. (2014). Survey of classroom use of representations: development, field test and multilevel analysis. *Rev. Learning Environ Research* (2014) 17:401–422. DOI 10.1007/s10984-014-9166-x
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., McGillicuddy, K. (2002/1996). *Formas de Explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Barcelona: Aula XXI Santillana. (publicado en 1996 por: Open University Press).
- Olivares, P. (2019). La retórica de los argumentos: Persuasión racional y manipulación visual. **Tesis de maestría**, director: Dr. Hubert Marraud. Universidad de Valladolid. Máster en lógica y filosofía de la ciencia.
- Osborne, J., Duschl, R. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*. 38, p.39-72, 2002
- Osorio, B., Mejía, L., Osorio, J.A., Campillo, G., Covaleta, R. (2012). Análisis de la enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo en el nivel Tecnológico y Universitario. *Entre Ciencia e Ingeniería*, Año 6. No. 12 - segundo semestre de 2012, 24-28.
- Otero, M. (2004). El uso de imágenes en la Educación en Ciencias como campo de *Investigación Revista de Enseñanza de la Física*, 17 (1), 9-22, Argentina
- Padalkar, S., Ramadas, J. (2011). Designed and Spontaneous Gestures in Elementary Astronomy Education. *International Journal of Science Education*, 33 (12), 1703-1739, DOI: 10.1080/09500693.2010.520348
- Pantidos, P., Valakas, K., Vitoratos, E., y Ravanis, K. (2008). Towards applied semiotics: An analysis of iconic gestural signs regarding physics teaching in the light of theatre semiotics *Rev. Semiotica* 172–1/4 (2008), 201–231 DOI 10.1515/SEMI.2008.095
- Pedemonte, B. (2007). How can the relationship between argumentation and proof be analysed? *Educational Studies in Mathematics*, 66(1), 23-41. Doi <https://doi.org/10.1007/s10649-006-9057-x>
- Perelman, Ch. & Olbrechts-Tyteca, L. (1958/2000). Tratado de la Argumentación. La Nueva retórica. Madrid: Gredos. Trad. de la obra original en francés *Traité de l'Argumentation. La nouvelle rhétorique*, Bruxelles: Eds. Université of Bruxelles. publicada el 1958. 5ta edición. (Primera edición en castellano 1989).
- Pozzer, L., Ardenghi, L., Roth, W.-M. (2007). On Performing concepts during science. *Science Education*, 91 (1), 96–114. <https://doi.org/10.1002/sce.20172>
- Pozzer, L., Roth, W.-M. (2019). A cultural-historical perspective on the multimodal development of concepts in science lectures (trad. Una perspectiva histórico-cultural sobre el desarrollo multimodal de conceptos en conferencias científicas). *Cultural Studies of Science Education* 15, 31–70 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09910-5>
- Rangel, N. (2005). A multimodal analysis of physics explanations. In H. E. Fischer (Ed.), *Developing standards in research on science education*, 205-212. London: Taylor & Francis Group.

- Rangel, N., Castells, M. (2004a). El discurso Multimodal en una clase de Electromagnetismo. Published in “*III Congreso internacional de docencia universitaria e innovación*” CIDUI. Girona- España 2004.
- Rangel, N., Castells, M. (2004b). The explication on electromagnetism, a multimodal analysis of the professor' action. Implications for training teachers at university, in Janiuk R. & Samonek-Miciuk E. (Eds) “*International Organization for Science and Technology Education. IOSTE XIth Symposium Proceedings*”. p275-276. Maria Curie-Sklodowska University Press. Lublin.
- Rangel, N., Castells, M. (2005). Analizando las Explicaciones de Física. Implicaciones en la Formación del profesorado. *Rev. Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso, 1-5. Barcelona, España.
- Rangel, N., Castells, M. (2006). A Multimodal Language Study In The Engineer Physics Class. Implications for Lecturer Training. *Book of XII IOSTE Symposium*. Malasya.
- Rangel, N., Castells, M. (2009). Las líneas de campo eléctrico en la construcción de significados. Un estudio multimodal de la acción en el aula. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra VIII Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias, 3246-3251. Barcelona, España.
- Rangel, N., Castells, M. (2010). Applying the discourse analysis theory in engineering professor's explanations, taking into accounts an electromagnetism topic. Artículo electrónico en CD que acompaña al Libro: “*In Conference Book GIREP 2008. Physics Curriculum Design, Development and Validation*”. pp1-11. University of Cyprus. Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique (GIREP).
- Rangel, N., Castells, M. (2010). Electrical field lines in the meaning making a multimodal study about the action in the classroom. In M.F. Taşar & G. Çakmakçı (Eds.) *Contemporary science education research: teaching*, 273-282. Ankara, Turkey: Pegem Akademi. <https://www.pegem.net/dosyalar/dokuman/29122018131257contemporary%20science%20education%20research%20-%20teaching.pdf#page=287>
- Rangel, N., Castells, M. (2012). Multimodal discourse in college physics classroom. Case: electric flux concept. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), Ebook *Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship*. Part 6: Discourse and argumentation in science (co-ed. Editors Manuela Welzel-Breuer and Conxita Marquez), (pp.72-78) Lyon, France: European
- Rangel, N., Castells, M. (2013). Análisis de las explicaciones en el aula universitaria desde un marco pedagógico. Caso: Ley de Gauss. Memorias del VII Congreso Nacional y Ier Congreso Internacional de Investigación. Universidad de Carabobo. (2010) Tomo I. pp 242-246. Valencia – Venezuela.
- Rangel, N., Castells, M. (2013). Analizando la Presencia en la multimodalidad de la explicación en el aula. caso: flujo eléctrico. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra IX Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias. 2946-2951. Barcelona, España. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/308134/398126>
- Rangel, N., Castells, M., Castello, J. (2017). Multimodality of Explanation in Physics Class. Literacy engineering students. *journal 'Conexão Ciência'*, 12 (2), 244-250. University Center of Formiga/MG UNIFOR-MG, Brazil. <https://periodicos.uniformg.edu.br:21011/ojs/index.php/conexaociencia/issue/view/52>
- Resnick R., Halliday D., Krane K. (1999). Física. Volumen 2. Tercera edición en español. Mexico: Continental.

- Reyes, R., Duván, J., Martínez, C. (2013). Conocimiento didáctico del contenido en la enseñanza del campo eléctrico. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (33), 37-60. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-38142013000100002&lng=en&tlng=es
- Roth, W-M, (2013). An Integrated Theory of Thinking and Speaking that Draws on Vygotsky and Bakhtin/Vološinov. *Dialogic Pedagogy: An International Online Journal*, Vol. 1 (2013) A32_A52. DOI: 10.5195/dpj.2013.20 |
- Roth, W-M. (2000). From gesture to scientific language. *Journal of Pragmatics*, 32, 1683-1714.
- Roth, W-M. (2002). From action to discourse: The bridging function of gestures. *Cognitive Systems Research*, 3, 535–554.
- Roth, W-M. (2010). Thinking and Speaking: A dynamic Approach. in Roth W-M (Eds): *Re/Structuring Science Education. ReUniting Sociological and Psychological Perspectives*, chapter 9, 113-144. London: Springer.
- Roth, W-M., Friesen, N. (2014). History and the relationship between scientific and pedagogical knowledge: anatomy lectures then and now, *Journal of Curriculum Studies*, 46 (2), 180-200, DOI: 10.1080/00220272.2013.773597
- Roth, W-M., Lawless, D. (2002). Scientific investigations, metaphorical gestures, and the emergence of abstract scientific concepts. *Learning and Instruction*, 12 (2002) 285–304.
- Roth, W-M., Welzel M. (2001). From Activity to Gestures and Scientific Language. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(1), 103-136.
- Rowley-Jolivet, E. (2000). Image as Text. Aspects of the shared visual language of scientific conference
- Sáez, I Casas, A. (1999). *De la Representació a la Realitat. Propostes D'Anàlisi del Discurs Mediativ*. Barcelona: Deria.
- Sánchez, M. (2000). La argumentación retórica en los ensayos de Virginia Wolf. (**Tesis doctoral**) Universidad de Granada. Área de Filosofía y Letras. Dirigida por Martínez-Dueñas Espejo José Luis. España 2000.
- Sandín, M. (2003). Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos y Tradiciones. Madrid. Mc Graw and Hill Interamericana.
- Scott, Ph. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms: A Vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, 32, 45-80. <https://doi.org/10.1080/03057269808560127>
- Serway, R., Jewett J. (2009). Física para ciencias e ingeniería Volumen 2. Séptima edición. México: Cengage.
- Shien Chue, Yew-Jin Lee & Kim D. (2015). Iconic gestures as undervalued representations during science teaching, *Cogent Education*, 2 (1), <https://doi.org/10.1080/2331186X.2015.1021554>
- Shon, D.A. (1983). The Reflective Practitioner: How professionals think in action. New York: Basic Books. Traducción española: (1998). El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan. Barcelona: Paidós.
- Shulman, L. (2015). PCK: Its genesis and exodus. In Berry, A., Friedrichsen, p., Loughran, J. (Eds) *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. 3-13. New York: Routledge.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>

- Silva, J. (2002). Demonstração Matemática da Perspectiva da Lógica Matemática. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 15, 68-78.
- Soler, F. (2002). El problema de la imagen en la enseñanza de la física. *Alambique. Didáctica de las Cs experimentales*. n° 32, 17-23. abril 2002.
- Solomón, J. (1989). The social construction of school science in Millar R (ed). *Doing science: images of science in science education*. London: The Falmer Press (1989).
- Solomón, J. (1992). The classroom discussion of science-based social issues presented on television: Knowledge, attitudes and values. *International Journal of Science Education*, 14 (4), 431-444. 1992.
- Stake, R.E. (1998). *Investigación con estudio de casos*, 3ª ed., Madrid: Ediciones Morata
- Stylianides, A.J. (2007). Proof and proving in school mathematics. *Journal for research in Mathematics Education*, 38 (3), 289-321. http://www.jstor.org/stable/30034869?seq=1#page_
- Sutton, C.R. (1992). Words, Science and Learning. (London: Open Univ. Press). año1992
- Tang, K.-S., Delgado, C., Moje, E. (2014). An integrative framework for the analysis of multiple and multimodal representations for meaning making in science education. *Science Education*, 98 (2), 305-326.
- Tang, K.S., Tan, S. C., & Yeo, J. (2011). Students' multimodal construction of WorkEnergy Concept. *International Journal of Science Education*, 33, 1775-1804.
- Tiberghien, A., Badreddine, Z., Cross, D. (2018). Designing Teacher Education and Professional Development Activities for Science Learning. in O. E. Tsivitanidou et al. (Eds.), *Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning, Contributions from Science Education Research 5*, 245-259. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91406-0_13
- Tiberghien, A., Cross, D., Sensevy, G. (2014). The Evolution of Classroom Physics Knowledge in Relation to Certainty and Uncertainty, *Rev Journal of research in science teaching*, 51 (7), 930–961.
- Tiberghien, A., Malkoun L., Buty Ch., Sowayssi N., Mortimer E. (2007). Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps. in Sensevy G. y Mercier A. (Eds), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, 93-122. Rennes: PUR
- Tiberghien, A., Malkoun, L., (2007). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Éducation et didactique*, 1 (1) avril 2007. <http://educationdidactique.revues.org/69>
- Tutescu, M. (2003). L'Argumentation. Introduction à l'étude du discours. Universitatea din Bucuresti. <http://www.unibuc.ro/eBooks/lls/MarianaTutescu-argumentation/sommaire.htm>
- Tytler, R., Prain, V., Aranda, G., Ferguson, J., Gorur, R. (2020). Drawing to reason and learn in science. *Journal Researcrh ScienceTeaching*, 57, 209–231.
- Van Leeuwen, T., & Jewitt, C. (2002). *Handbook of visual Análisis*. 1ra ed. 2001. London: SAGE publications.
- Volkwyn, T., Airey, J., Gregorcic, B., Linder, C. (2020). Developing representational competence: linking real-world motion to physics concepts through graphs, *Learning: Research and Practice*, 6 (1), 88-107. DOI: 10.1080/23735082.2020.1750670

- Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, L.S. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós (versión en inglés: (1986). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press).
- Vygotsky, L.S. (2000). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.
- Zabalza, M. (2016). Ser profesor universitario hoy. *La Cuestión Universitaria*, 0(5), 68-80. <http://polired.upm.es/index.php/lacuestionuniversitaria/article/view/3338>
- Zárate, A. (2015). El uso de las preguntas de comprensión crítica en los libros de texto. *Foro de Educación*, 13(19), 297-326. doi: <http://dx.doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.013>
- Zechetto, V. (2002). *La danza de los signos. Nociones de semiótica general*. Quito: Abya-yala

